安全マニュアル

平成27年度版

山形大学工学部

目　　次

緊急時マニュアル
火災を発見したら
初期消火はどうすればよいか
管理区域および避難場所
医療機関情報

1. 安全の基本 …… 1
2. 事故に対する対策と緊急・応急措置 …… 3
3. 化学実験における安全指針 …… 25
4. 機械実験における安全指針 …… 41
5. 電気実験における安全指針 …… 51
6. 特殊実験における安全指針 …… 59
7. ガスの安全な取扱い方 …… 71
8. 実験廃棄物の処理 …… 81
9. 無人運転に関する安全について …… 93
10. 事故例・ヒヤリハット …… 95
11. PRTR への対応等について ……101

あとがき

緊急な措置を必要とする場合

（1）恐喝や暴力等を伴う事件や事故に巻き込まれたり、目撃し、それが

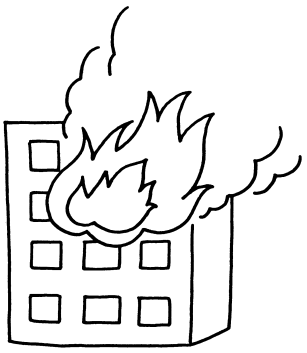
生命に危険が及ぶとき
身体に重大な危険が及ぶとき
もしくはこれらの危険が及びつつあるとき

（2）**速やかな救急救命措置が必要**なとき

（3）**火災が発生**したとき

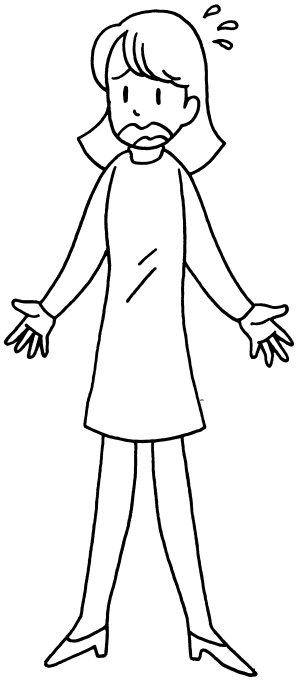
など緊急に警察や消防署に通報した場合は、必ず最寄りの学科、又は学生系窓口か守衛所に連絡し、現場の立ち会いのため待機するようにして下さい。

恐喝・暴力



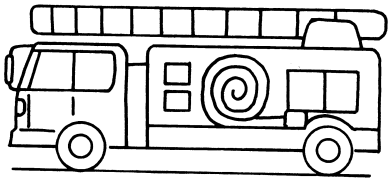
火災

人身事故

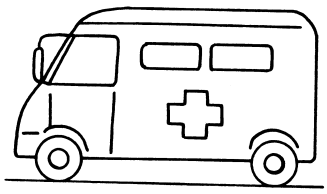


当事者・目撃者

110



119



119

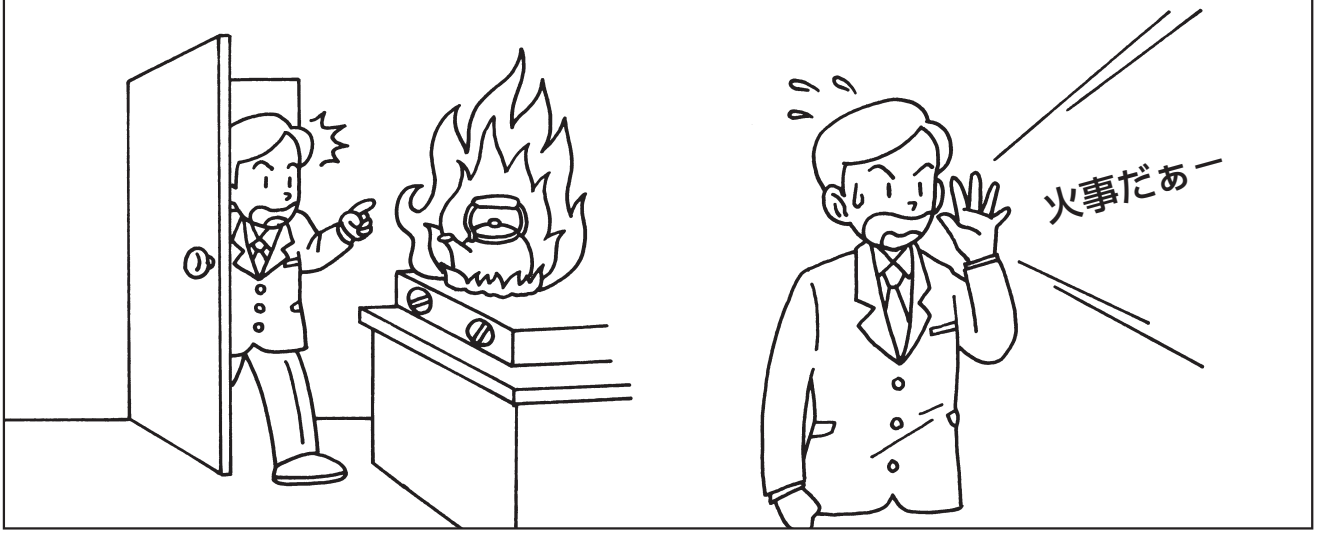
最寄りの学科、又は学生サポートセンター窓口、守衛室への連絡

緊急連絡先

学生支援担当　0238−26−3017
守衛室　0238−26−3027

火災を発見したら

★大声で周囲に知らせる！



★非常ベル等の押しボタンを押す。

※非常ベル等の押しボタンは、廊下等に設置されています。

★その他の方法で周囲に知らせる。

初期消火はどのようにすればよいか

●消火器の使い方

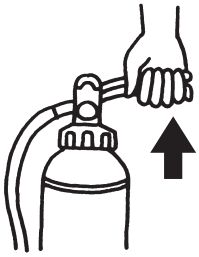
〈操作要領〉

① 火元まで搬送する。

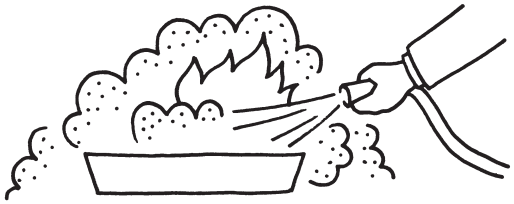
② 安全ピンを抜く。

③ ノズルを火点に向ける。

④ レバーを強く握る。



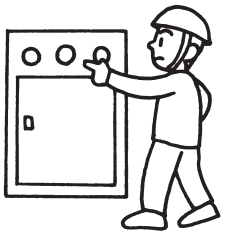
⑤ 燃焼物に直接放射する。



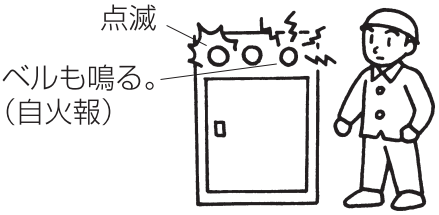
●屋内消火栓の使い方

〈操作要領〉

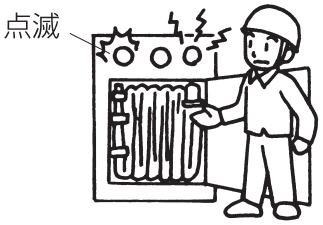
① しっかりと起動ボタンを押す。



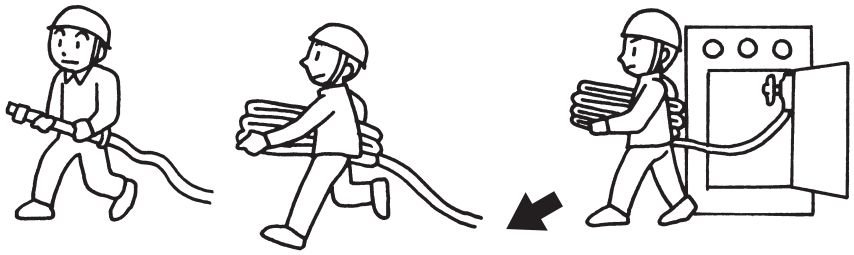
② 表示灯（赤色灯）が点滅して、ポンプの始動を知らせる。



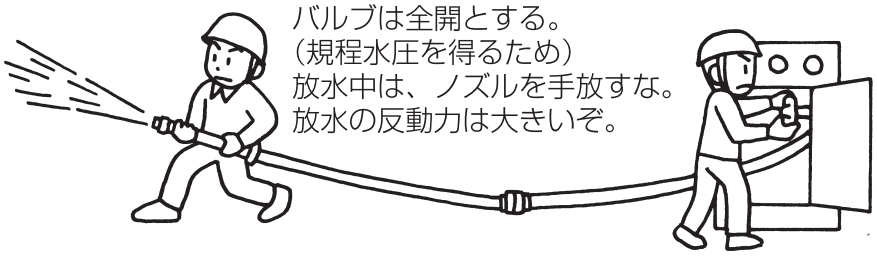
③ 消火栓の扉を開くと、ホースとノズルが収納されている。



④ ノズルをしっかりと持ち、ホースを延ばす。



⑤ バルブを開くと、ノズルから放水が始まる。



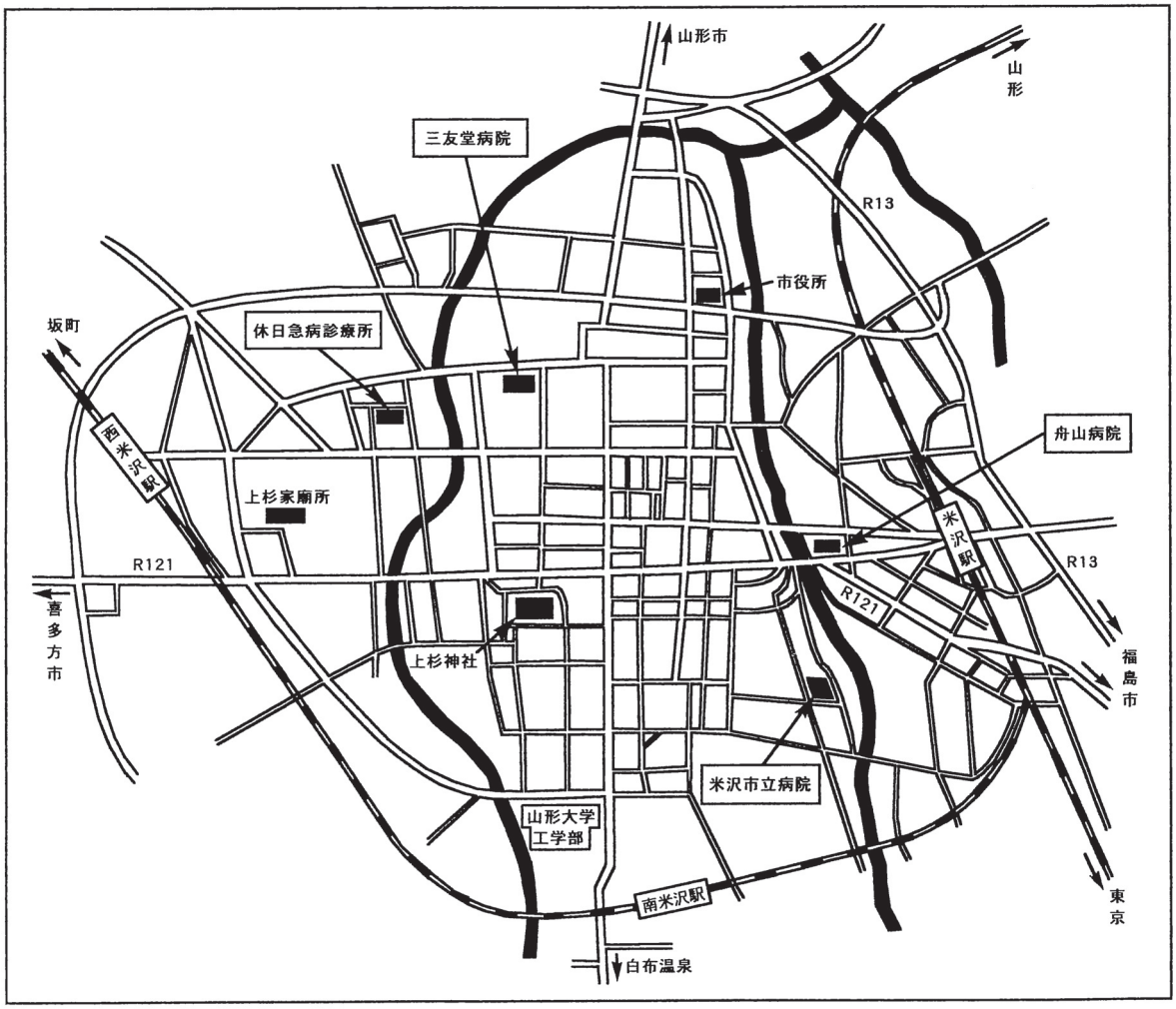
ホースは折れ、ねじれがないように。

医　療　機　関　情　報

学　　内	保健管理センター	☎ 023−628−4154 (内線4154)	小白川キャンパス
学 部 内	保 健 管 理 室	☎ 0238−26−3034 (内線3034)	米沢キャンパス

学 部 外	米沢市立病院	(☎ 0238−22−2450)	相生町6−36
	三 友 堂 病 院	(☎ 0238−24−3700)	中央6−1−219
	舟　山　病　院	(☎ 0238−23−4435)	駅前2−4−8
	米沢市休日急病診療所	(☎ 0238−22−9922)	西大通1−5−60

事故や急病人が発生したときは，「いつ」，「どこで」，「何が起こったか」を明確に告げるとともに，状況に応じて被災者の氏名，被災原因などの情報を分かる範囲で的確に連絡すること。



１．安全の基本

1.1　初心者の心得 …… 1

1.2　服　　装 …… 1

1.3　作業環境 …… 1

1.4　実験機器・器具の取扱い …… 2

1.5　疲労対策 …… 2

1.6　学生災害保険への加入 …… 2

1． 安全の基本

工学部における研究実験は、常に危険と隣り合わせであり、事故と一瞬の不注意は常に同居している。経験豊富な研究者であれば一度や二度は“ヒヤリ”とした経験があるはずだが、ヒヤリと大事故は紙一重であって、たまたま運が良かったにすぎない。事故や災害は、作業者の気配りや注意の欠如に起因するものが多い。いい加減な気持ちで実験したり、あわてて実験を行ったりしては決してならない。

安全の基本は、整理・整頓・清潔・清掃の４Ｓである。これに「しつけ」を加えて５Ｓと呼び、本書は「しつけ」を担うものである。初心者はもとより、研究実験に携わるすべての教職員が熟読し、安全の確保に努めることを最大の責務として自覚しなければならない。

1.1 初心者の心得

安全の基本は、

> **⑴ 整理・整頓・清掃・清潔（４Ｓ）**
> **⑵ わからないことは、よく知っている人に聞け！**

この２つに尽きる。加えて、次の２点を守れば、事故の90％を未然に防ぐことができる。

> **⑶ 与えられた機器、装置、工具および器具などの性能を十分に理解する。**
> **⑷ 慣れてくると気が緩みがちになるので、初心を持ち続けるように心掛ける。**

1.2 服 装

作業がしやすく、災害から身を守るのに適した服装で、下記のことに十分注意する。

⑴ 履き物は、一般に滑らないものを選び、スリッパ、紐のほどけた靴、ズックのかかとの踏み履きは、つまずく危険があるので避けること。

⑵ 白衣、作業着を着用し、必要な場合は安全靴、軍手、ヘルメット、帽子などを着用する。

1.3 作業環境

⑴ 整理・整頓

(a) 廊下や通路には、物を置かない。
(b) 不要な物品は処分する。
(c) 廊下は1.8m、室内通路は80cmを確保し、通路出入口、非常口、防火扉、階段など及び消火器、消火栓、配電盤、電話・ＬAN端子付近には物を置いてはいけない。
(d) 通路上にコードやホースを配する場合は、必ずカバーをかける。
(e) 実験器具、事務用品などは、直ぐ使えるように常に整理しておく。
(f) 全ての物は、置き場所を定めて必ず所定の場所に置く。
(g) 窓側に採光を妨げるような物は置かない。
(h) 換気に気をつける。（有機溶剤を使う場合はとくに）
(i) 高い棚、書架類、ガラス張りの棚などは、転倒を防ぐための措置を施す。
(j) 1.8m以上の高所には、物を置かない。やむを得ず置く場合は、壁に固定すること。

⑵ 清掃・清潔

(a)　毎日、清掃に努めるように心掛ける。

(b)　更衣室、給湯室などの清掃は定期的に行い、特に衛生には十分注意する。

1.4　実験機器・器具の取扱い

(1)　使用する機器について、まずカタログ・マニュアルなどにより、十分な知識を得ておく。

(2)　使用方法について経験者などから十分に指導を受け、正しい使い方を理解してから操作する。

(3)　実験機器は丁寧に取り扱わなければならない。調子の悪いときは、使用を中止し、速やかに教職員に連絡する。

(4)　実験機器を移動して使用した場合、必ず元の位置に戻し、使用前以上の整理・整頓を心掛ける。

(5)　やむを得ず補充実験、機械工作などで夜間作業を行わなければならない場合は、必ず２人以上で行う。

1.5　疲労対策

長時間作業をつづけると、当然のことながら疲れる。疲れると、作業効率が低下し、ミスを誘発する。慢性疲労は、心身の障害を引き起こすばかりか、注意散漫となり大きな事故を起こしかねない。夜間の作業は非能率的であり、午前３～６時の時間帯では、作業効率の低下、作業ミスの増加が顕著になる。

疲労を防止し、安全に作業するために、下記のことに十分注意する。

(1)　適度に休憩を取り、手足を伸ばして、疲れた筋肉を緩める。

(2)　照明、色彩、換気、温熱などが不適当でないか、確認する。

(3)　騒音、振動、気圧の異常、粉塵、有害物質などがないか、確認する。

(4)　作業域、作業面や椅子の高さなどが不適当でないか、確認する。

(5)　作業方式（情報伝達、判断、操作方法など）が不適当でないか、確認する。

1.6　学生災害保険への加入

万一の場合に備え、学生は、学生教育研究災害傷害保険・学生教育研究賠償責任保険（取扱い：学生サポートセンター）、学生総合共済（取扱い：生協）、その他これに類似する災害傷害保険に加入しなければならない。入学当時保険期間を４年間で契約した者が大学院への進学や留年した場合は、必ず延長手続きを取ること。

２．事故に対する対策と緊急・応急措置

2.1　火災の発生 ····· 3

2.2　地震の発生 ····· 5

2.3　化学実験室における地震対策 ····· 8

2.4　人身事故や急病の緊急処置 ····· 12

2.5　ケガの応急処置 ····· 19

2.6　急性アルコール中毒の処置 ····· 22

2　事故に対する対策と緊急・応急措置

2.1　火災の発生

制御が不可能になった燃焼を火災というが、大学の研究室や実験室で起きる災害で最も被害の大きいのは火災である。火災の予防には、火災発生の３条件である危険物質、発火源、環境を適切に管理することが重要となる。また、防火対策のために、建築基準法や消防法の規定についても心得ておく必要がある。

ここでは、火災が発生した時の対応についてまとめることにする。

(1) 万一、火災が発生したら

(a) 「火事だ。」と大声で叫び、近くの人に協力を求める（当人は冷静さを失うことがあるので、人が来たら通報や消火を任せたほうがよい)。

(b) 火元に誰もいない時の出火発見者や、出火発見者の近くにいて出火を聞いた者は火災報知器のボタンを押して通報する。さらに、緊急連絡網で通報する。

(2) 消　　火

火元が小規模で消火作業を行っても確実に避難できる場合には、出火の通報の後、直ちに消火作業を行う。

(a) ボヤのうちに消し止めるように初期消火に努める。消火作業は火元の様子を見て、慌てずに行う。

(b) ガスの元栓を閉め、電源を切る。

(c) 有毒ガスの発生を伴うおそれのある場合は、防毒具をつけて消火作業を行う。防毒具のない時は風上側から近づいて消火にあたる。

(d) 周囲に可燃物がある場合は急いで取り除く。

(e) 消火栓のホースを引いて注水する場合は、油がなく、かつ、水によって爆発したり、感電したりすることのないことを確認して行う。

(f) 消火器は、落ち着いて発火源をねらって放射する。

(g) 燃焼中の物は様子を見ながら消火するか、燃やしてしまうか、どちらが安全か判断して処置する。少量の溶剤が燃えている場合にはその全量を燃やしても構わない。溶剤の消火には、通常、二酸化炭素消火器が効果的である。

(h) 溶剤が燃えて容器の外に火が拡がった場合には、粉末消火器を用いる。

(i) 机や戸棚が燃え出したら、泡消火器を用いるかホースにより散水する。

(j) ドラフト内の火は、有毒ガスや煙が発生する場合を除き排気を止めて消火する。

(k) 可燃性ガスボンベからガスが噴出した時は、発火源を取り除き、次いで窓を開けるなどして換気を図る。噴出口はできるだけ早く塞ぐ。ガスが噴出して発火した時は、周囲の可燃物を除去してから散水によって消火する。

(l) 衣服に火が着いた時には、慌てずに人を呼んで消してもらうか、床に転がって消す。

(m) 爆発が起こった時は、まず負傷者の発見、救護を行う。次いで爆発を起こした装置、器具などを危険のない状態にするが、それが困難な時はできるだけ早く避難する。

(3) 避　　難

(a) 身の安全を優先して考え、少しでも危険のある場合は消火作業を打ち切り、避難する。

(b) 炎が天井に達するほどの大きさになったり、煙の発生などにより手に負えないと判断したら、直ちに避難する。

(c) 室内に煙が立ち込めた時は、ハンカチ等を口にあて姿勢を低くして、一酸化炭素を含む煙を避けて避難する。

(d) 部屋から避難する場合は、できるだけ電源を切り、ガス栓を閉め、危険物などを処理する。窓は閉める。また、内部に人のいないことを確認して扉を閉める。

(e) 逃げ遅れた者がいないか確認する。

(f) 避難にはエレベーターを使用しない。最寄りの非常口から階段を使って避難する。戸外の非常階段があればそれを使うのがよい。

(4) 消 火 器

多種類の消火器の中から、主な小型消火器を表２－１に示す。

表２－１　小型消火器の種類と性能

消　火　器	適応火災	放射距離（m）	放射時間（秒）
二酸化炭素消火器	B、C	3	20
粉 末 消 火 器	A、B、C	5	15
泡　消　火　器	A、B	10	60

それぞれの消火器が適応できる火災は、A、B、Cに区分され、それぞれ白色、黄色、青色の丸で表示される。

A：木材、紙類などの一般可燃物の火災

B：石油類などの可燃性液体の火災

C：電気設備の火災

適応火災の表示

普通火災　油火災　電気火災

実験室で起きる小規模火災には、消火後の消火剤による被害を考えて、二酸化炭素消火器→粉末消火器→泡消火器の順に用いるのがよい。工学部の施設内にはA、B、Cのどの火災にも対応できる粉末消火器が常備されている。

(a) 二酸化炭素消火器

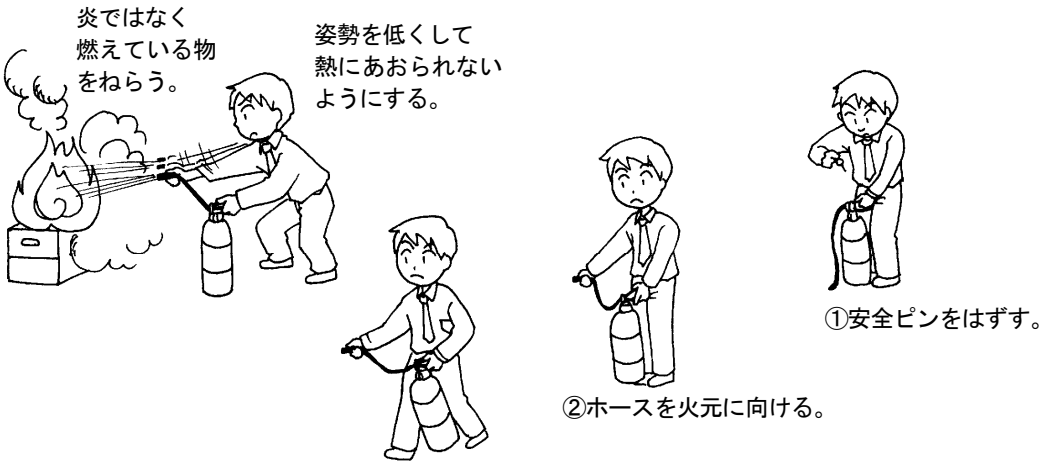
消火剤として液化二酸化炭素が使用されており、消火後何も残らないので物を汚す恐れがない。実験室の小規模な有機溶剤による油火災や電気火災に適している。ただし、密閉された室では酸欠に注意する必要がある。

使用法：止めピンを抜き、左手でレバーを、右手で握り手を持ち、ホースを発火点のそばにできるだけ近づけてレバーを引く。

(b)　粉末消火器（ドライケミカル）

消火剤は、リン酸二水素アンモニウムである。消火効果が大きく、A、B、Cのいずれの火災にも適応できる。使用後粉末による汚れがあるので、すぐに清掃し、器材の損傷を防ぐようにする。放置すると空気中の水分でべとつき、金属腐食を促進することがある。

使用法：ホースを外し、ノズルを発火点から1.5m程度離して発火源に向け、安全ピンを抜き、レバーを握って噴射する。



(c)　泡消火器

使用する場合は炭酸ナトリウム水溶液と硫酸アルミニウム水溶液を混合する。二酸化炭素が発生し、水酸化アルミニウムを含んだ泡が噴射される。油火災に適応できるほか、火災が拡がった時にも適応できる。ただし、使用後現場をかなり汚すので、他の種類の消火器で対応できるような小規模火災には使用しないことが多い。

使用法：ホースを持ち、ノズルを発火点に向けて消火器を倒すようにする。泡は全量が出るまで止められないので注意すること。

2.2　地震の発生

地震は、突然発生し、地震による建築物の倒壊、家具・什器等の落下、転倒など物的被害とそれに基づく人的被害などの直接被害だけでなく、地震が原因となって火災、危険物の流出・拡散・爆発など間接的な被害も起こるので、地震災害は時には非常に大きくなる。また、電気・ガス・水道などの停止による各種機能の損害も長期的な問題を引き起こす。地震災害を最小限にするには、地震の知識や事前の地震に対する備えが必要であり、不意の地震時における心の備えも肝要である。

規模の大きな地震が起きた場合に予想される被害の大きさは、震源からの距離、地盤の強さなどによって大きく変わる。遠方で発生した大規模地震に伴う揺れによって起きる家財などの転倒などの被害と、直下型に地震で生じる地割れなどの地盤被害、家屋の倒壊などの地震災害とは区別して考える必要がある。

米沢市周辺には、朝日町から長井市を経て米沢市に達する南北５０ｋｍ程の［長井盆地西縁断層帯］があり、マグニチュード7.7程度の地震を起こす可能性があるが、今後30年以内の発生確率は0.02%以下とされている。

(1)　地震動の性質と行動

地震と一口に言っても、地震の強さや性質により想定される状況とそれに対応する処置は異なってくるために、地震時の心得も画一的な項目の羅列では不十分である。地震の強さを表す尺度は震度で表示される。日本では気象庁の震度階級が用いられており、その定義は、強い地震から無感のものまで震度７から０までの８段階で表示される。

震度７　激震：30％以上の家屋が倒壊し、山崩れ、地割り、断層などが起きる。
震度６　烈震：家屋の倒壊は30％以下で、山崩れや地割れが起こり、多くの人々は立っていられない規模の地震。
震度５　強震：壁に割れ目が入り、墓石や石灯篭が倒れたり、煙突、石垣などが破損する規模の地震。
震度４　中震：家屋の動揺が激しく、座りの悪い花瓶などが倒れたり、器内の水が溢れ出る。また、歩いている人にも感じられ、多くの人が戸外に飛び出すほどの地震。

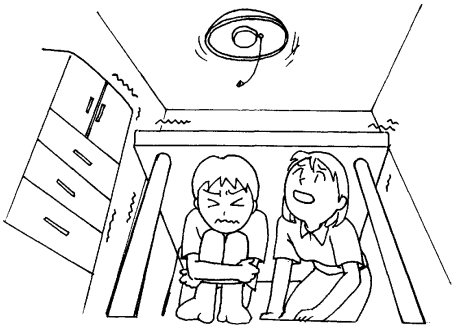
およそ震度５以上の地震から大きな被害が発生すると言われている。震度の定義は漠然としていて個々の状況は判断し難い。気象庁では、1995年1月に発生した阪神・淡路大震災を契機に、震度階級の見直しを行い1996年10月に改訂案をまとめている。現行の０～７の震度階を踏襲するが、震度５と６を強と弱の２段階に分けている。また、従来の定義に対し、項目ごとに詳細な解説文をつけている。人間の行動についての解説文を以下に示す。

震度７　　揺れに翻弄され、自分の意志で行動できない。
震度６強　立っていることができず、這わないと動くことができない。
震度６弱　立っていることが困難になる。
震度５強　非常な恐怖を感じる。多くの人が行動に支障を感じる。
震度５弱　多くの人が身の安全を図ろうとする。一部の人は行動に支障を感じる。

震度５弱以下の地震であれば、被害はほとんど生じない。被害のほとんどは、座りの悪い家具などの転倒、棚の上にのせてあるものの転落などである。ブロック塀の倒壊や不安定な看板の転落なども起こるかもしれない。大学では、薬品の転落、キャビネットの転倒などの可能性がある。この規模の地震に関しては、日頃から転倒防止、落下防止の対策をとっておけば被害を最小にとどめることができる。

震度５強以上の地震になると、家屋の倒壊、地割れ、場所によっては噴砂や地盤の流動などの地震災害が発生する可能性が高い。現在のところ精度の良い地震予知は不可能なので、このような事態に対する有効な防衛手段は無い。地震に伴って火災の発生する可能性も考慮に入れ、避難場所・家族との連絡方法など、平時から確認しておくことが一定の防衛手段になるであろう。

震度５強以上の地震では、大半の行動が不自由になり、無理な行動は逆に思わぬ事故を招く。避難の際は、安全な空間に身を寄せ、余震の可能性を考慮し、頭上からの落下物対策のために頭部を身近なもので保護するなど身の安全を考えるのが第一である。



地震の強さを表わす震度は、地震の大きさ（マグニチュード）と地震の発生源である震源との距離によって決まる。地震のマグニチュードが大きくなると震度は大きくなり、震源から遠ざかるほど震度は小さくなる。マグニチュードの大きな地震ほど揺れの継続する時間は長くなる。被害を小さくするには、この時間をいかにやり過ごすかが重要になってくる。例えば、非常に被害の大きかった1995年阪神・淡路大震災のマグニチュードは7.2で数値の上では最大級ではなく、強い揺れを生じた時間は10秒程度であった。同程度のマグニチュードの2000年鳥取県西部地震の時は、震源地が山間部であったため数値から予測されるほどの被害は免れた。

地震の波は縦波（Ｐ波）と横波（Ｓ波）で構成される。Ｐ波の伝播速度はＳ波に比べて早い。そのために震源から遠ざかるにつれて、両者の波の到達時刻に時間差が生じる。一般に地震は最初軽微な縦揺れ、すなわち上下動を感じ、しばらくして大きな横揺れ（主要動）に至る。この間の時間（秒）を初期微動継続時間と呼び、７㎞/秒を乗じるとおおよその震源距離を求めることができる。100㎞ほど離れた地震では、10数秒の初期微動継続時間があり、地震を感じてから主要動に至る時間を有効に使うことが

できる。地震を感知してから揺れが大きくなるまでにすべきことは多い。火気の始末、出口の確保、乳幼児やお年寄りの介護などである。しかし、震源距離が短い場合、すなわち直下で地震が発生した場合には初期微動の時間は短く、例えば、阪神・淡路大震災の神戸市では、地震を感知するとほぼ同時に大きな揺れに遭遇している。このような場合には、初期微動継続時間を利用した余裕のある行動はほとんど不可能である。大震動下での無理な行動は逆に事故のもとである。身の安全を確保するのが先決である。直下型の地震の場合、海洋で発生する巨大地震に比べマグニチュードが一回り小さいことが多い。しかし、主要動の継続時間はずっと短くなるので10数秒間をいかにやり過ごすかがポイントになる。

(2) 日頃の心構え

(a) 救急薬品を常備し、緊急連絡網の体制を整えておく。
(b) 避難器具、避難経路、避難場所などを確認しておく。
(c) 避難経路（廊下、階段、通路）にはできるだけ物を置かない。
(d) 消火器、消火栓など防火設備の設置場所を確認し、使用方法に慣れておく。
(e) 書庫やロッカーなどの背の高い物体は転倒の恐れがあるので、アンカーボルトなどで上部を壁に固定する。また、その上部に物を置かない。
(f) 重量物は滑り出す恐れがあるので、床面にアンカーボルトなどで固定する。
(g) 普段人のいない部屋で発火した場合は対応が遅れがちになるので、このような部屋にはできるだけ発火の恐れのある危険物などは置かない。
(h) 非常持ち出し品を常に確認し、とりまとめておく。

大学の研究室で、特に危険の大きい化学実験室における地震対策については、2.3を参照すること。

(3) 地震時の心得

(a) 地震の感知から主揺動まで

地震を感知してから揺れが大きくなるまでにできることをする。

①火元の始末
②発火や爆発の恐れのある装置類の運転の停止。
③出口（脱出口）の確保。避難には非常口および非常階段を利用しエレベーターは使用しない。
④身の安全を図る。転倒物、落下物（照明器具を含む）、ガラス窓などに注意しながら危険な箇所から待避する（退避の際は、壁際やブロック塀に近づかない）。

(b) 主揺動の最中

揺れの強さ、すなわち震度によって行動が著しく制限される。身の安全の確保が第一である。不用意な行動はケガのもとであり、慌てることなく冷静に行動する。

(c) 主揺動が終わってから

①火元の再確認。ガスの元栓、電源の確認を行う（後の漏電などによる出火防止のため電源ブレーカーを切る）。
②火災発生の場合は初期消火に努める。
③負傷者の確認や介護を行う。
④退避する場合には、徒歩で避難し、必ず靴をはき、ガラスなど散乱物に注意する。
⑤緊急時以外の電話は控える（家族などの身元確認は、災害伝言ダイヤルNTT171を利用する）。
⑥ラジオなどからの正しい情報の入手に努め、デマを信じない。
⑦指定されている避難場所に待避する。

・学内３ヶ所　　・工学部グラウンド（南米沢駅前）
・南部小学校グラウンド　　・第二中学校グランド

(4) 学内で想定される状況での心得

(a) 講 義 室

多人数が一室に集まっている場合が想定される。慌てることなく冷静な行動が大切である。出口へ殺到するなどの集団行動は避けるべきである。教員、グループの責任者などの冷静な判断、誘導がポイントとなる。照明器具、OA器具など天井吊り下げ物の落下には特に注意する必要がある。

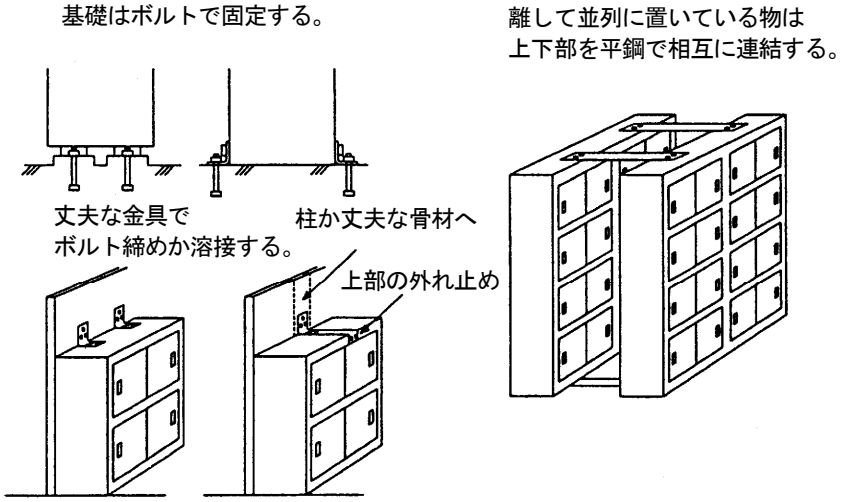
(b) 研 究 室

書棚、ロッカーなどの家具類の転倒、内容物の飛び出しやパソコンなど計算機関連機器、机上などからの落下物にも注意する必要がある。

(c) 実 験 室

実験室には地震時に危険物となるものが多く、火災発生など実験室にとどまらず周辺にも影響を及ぼすので、それらのことを考慮する必要がある。

棚類やキャビネットの倒れ止め



2.3 化学実験室における地震対策

1978年の宮城県沖地震の被災報告を教訓にして防災対策を講じていた阪神・淡路大震災の各施設は、被害を少なからず軽減させることができたと言われている。阪神・淡路大震災についても、阪神地区の各研究施設から被災状況が報告されており、防災に対する貴重な教訓を示唆している。日頃の対策によって地震の被害を軽減させることができる。

(1) 地震の被災状況

(a) 火災の発生

化学実験室の被害では、火災を伴うことがある。宮城県沖地震では、東北大学と東北薬科大学で火災が発生している。阪神・淡路大震災でも、甲南大学と大阪大学が火災により甚大な被害を受けている。地震時には、散乱した物品が障害になり初期消火が困難になる。地震に伴う火災の危険から逃れる唯一の方法は、日頃の地震対策である。

(b) 水による被害

火災の発生は、焼失による被害のほかに消火用水による二次的被害をもたらす。火災が及ばない他の実験室にも水が浸水して器具や書籍を濡らしてしまう。地震による給排水装置の破損も漏水の被害をもたらす。また、散乱した薬品との接触による火災発生の危険も加わる。

(c)　物品および機器の転倒、落下

書籍戸棚や薬品棚が倒れ、ファイルロッカーの引き出しなどが飛び出してロッカーが転倒する。前後左右からありとあらゆる物が倒れかかり、同時に避難路も塞がれてしまう。薬品ビンの落下と散乱は火災の発生を招く。機器類の落下による破損は、修理に多大な経費と、時には修復不能の損害をもたらす。

(2) 化学実験室における防災対策

(a)　実 験 室

耐震構造の建物でも、上階の実験室ほど被害が大きく、建物の配置ではロの字型の実験室に比べてコの字に張り出した実験室の被害の方が大きかったと報告されている。

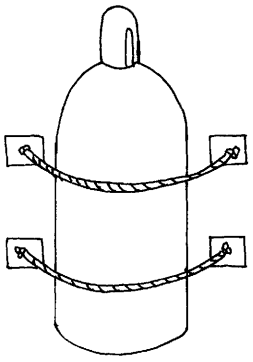
①多くの薬品とボンベを使用する実験室はできれば低い階に配置する。
②重量のある機器や精密測定機器は低い階に設置する。
③高い階では多量の可燃物を扱わないようにする。
④実験室の壁には、装置などを固定できるよう横板を取り付ける。
⑤ガスや水道の元栓は室外に設置した方がよい。
⑥避難路の確保のために、廊下を広く使うように心掛ける。
⑦通路が塞がれる場合を想定し、複数の避難路を確保する。
⑧危険物貯蔵庫（薬品庫）やボンベ管理庫を設置する。
⑨懐中電灯、工具、救急用具は廊下に常備する。

(b)　ボ ン ベ

ボンベは、重心が高く転倒する危険がある。軽い固定では、強い地震の際に鎖が抜けたり、支持台ごと転倒する。ボンベが転倒すると、ケガをしたり周囲の物を押しつぶし、圧力調整器やパイプの破損でガス漏洩の危険にもさらされる。

①ボンベは、実験台や壁にチェーンなどで頑丈に固定する。
②チェーンによる緩い固定では、大きな縦揺れに弱いためにフックが外れることがある。
③転倒防止には１ヶ所だけでなく、上下２ヶ所を固定する。
④複数のボンベを並べる際には、１本ずつ上下を固定する。
⑤できればバンド式の固定具で上下２ヶ所を固定する。
⑥金属製ボンベ立てを用いる際は、十分な強度のアンカーボルトで壁や床に固定する。
⑦ドリルで穴をあけて鉛プラグを詰め込み､木ネジで止める方法では強い地震で抜けることがある。
⑧ボンベ専用の台車は、比較的安全とされている。
⑨使用していないボンベは、必ずキャップを被せておく。

ガスボンベの倒れ止め

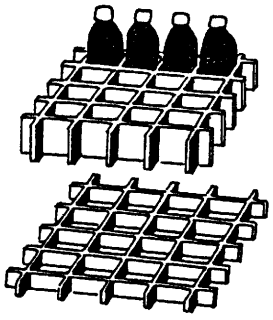


(c) 薬 品 類

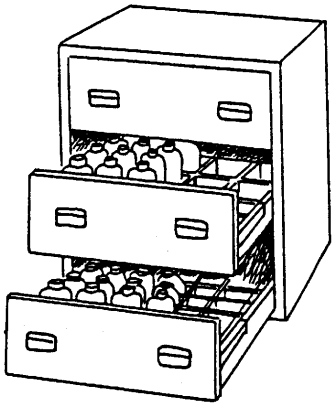
薬品戸棚が倒れ、棚中や机上の薬品ビンが落下すると火災の危険があり、被害も大きくなる。固定措置をした薬品戸棚が転倒を免れた時でも、地震の揺れで扉が開き、中の薬品ビンが落下したり破損したりする場合がある。

①薬品戸棚は十分な強度のアンカーボルトで固定する。
②壁に頑丈な横板を取り付けておくと、戸棚を木ネジなどで固定できる。
③実験台上の薬品棚は台にしっかりと固定する。
④戸棚には試薬ビンの落下を防ぐ棚を取り付ける。
⑤薬品ビンはプラスチックコンテナなどに納めてから収納する。
⑥ビンとビンの間にはパッキングやポリエチレン容器を詰めておく。
⑦戸棚の扉は地震の振動で開かないように鍵やストッパーを付ける。
⑧ボトルストッカーは扉が開いても落下の防止に有効である。
⑨薬品類は系統的に保管し、万一落下破損しても、混合による発火、発熱の危険がないようにする。
⑩硫酸など危険試薬や重量のある物は棚の最下段に置く。
⑪禁水性の試薬は別に保管する。
⑫薬品は必要最少量を購入する。

セーフティーガード



薬品保管庫



(d)　器具、機器類

強い地震ではガラス器具が落下し、棚や乾燥器の中のガラス器具もぶつかって破損する。机や実験台に固定しないで置いてある器具や機器もずり落ちる。マグネットのような重いものほど移動し易く、接続のパイプ類が引きちぎられる。床には、ガラスの破片や試薬、器具などが散乱し、足の踏み場もなくなる。

①棚や台、実験装置などは床、壁、柱に直接固定する。

②機器類はゴムマットを敷いたり支持足にゴムを被せたりして滑落を防ぐ。

③精密機器は滑落防止具を取り付けて固定する。

④機器やパソコンをキャスター付き架台に載せておくのは有効である。

⑤キャスター付き架台は動き過ぎるとコードの束縛で載せてある機器が転落するので、可動範囲を抑えるようにする。

⑥二段重ねの戸棚やキャビネットは、ずり落ちないように上下を固定する。

⑦還流冷却器を付けた有機溶媒乾燥装置では、器具の破損による漏水で発火することのないように工夫する。

⑧多くの機器や電気器具は通電状態で被災するので、停電解除後の漏電火災などに注意する。

(e)　消　　火

地震による出火の原因として、これまでアルカリ金属と水との混合発火がもっとも多い。その他は、若干の無水クロム酸によるものがあるが、どんな薬品が混合して発火したか分からない場合が多い。

化学実験室では、薬品の保管量が多くなると薬品による出火の危険が増すことになる。ある被災実験室では、実験台の上の試薬ビンが転落して割れ、硫酸がこぼれたり、ボンベから酸素ガスが噴き出して可燃性溶媒の悪臭が充満したという報告がある。強い地震で火災が発生すると、床に障害物が散乱するので通常の実験室の火災よりも消火が手間取ることになる。引き続く揺れのために火元の確認さえ困難な場合も想定される。日頃の心構えと整理、整頓が消火を助ける。

不幸にして火災が起こった場合は、周囲の人を呼び、連絡網で通報し、余分の薬品を遠ざけた後、乾いた砂、大量の水、消火器など適切なものを使用して処理する。また、熱源や動力源を切り二次災害が拡がらないよう留意することも大切である。

[参考文献]

1．筑波大学：安全のための手引（1998）

2．化学と工業48巻６号　p. 699、701、 704、 706、 708（1995）

3．高分子44巻４号　p. 260（1995）

4．化学と工業31巻７号　p. 558（1978）、31巻12号 p. 1001（1978）

5．山形大学：防火管理規則　ほか

6．山形大学安全管理委員会編：安全への手引（2001）

7．北海道大学安全・防災委員会編：安全の手引き(2004)

8．東京工業大学総合安全管理センター編：健康・安全手帳(2004)

2.4　人身事故や急病の緊急処置

学内で事故が起きたり急病人が出た時には、慌てずに状況を的確に判断する。傷病者が出て治療を必要と判断される場合には、応急処置を行い、直ちに「緊急・救急連絡方法」を参考に対処する。

(1)　一般的注意事項

応急処置は､専門の医師の診療を受けるまでに一般の人が行う一時的な処置である｡適切な処置を行えば、患者の生命を助け、苦痛を和らげ、よりよい状態で医師による治療を受けられるばかりでなく、より早い回復が期待できる。

小さなケガでもすぐに医師の診察、治療を受けるのが最良の方策である。したがって、次の事項に留意して応急処置を行った後、できるだけ速やかに学内の保健管理室、あるいは近くの医療機関の救急部へ急行するか、救急車を呼んで適切な医療機関へ行き診療を受ける。

(a) 慌てたり、騒ぎたてたりしない。

(b) 出血、火傷、骨折などのケガや容態の程度を調べる。心肺停止、大出血、中毒などは特に迅速な処置が必要である。

(c) 本人、特に重症者には負傷箇所を見せないようにし、患者をいたわり、やさしく元気づける。また見物人を遠ざける。

(d) 患者の扱いは安静第一にして、むやみに動かさない。また、毛布などをかけて患者の保温に努める。

(e) 一刻を争う手当を優先する。

(f) 傷病者の運搬にはなるべく担架を使用する。

(g) 医師への連絡や救急車を呼ぶときには、①傷病者のいる場所（道順、目標）②事故あるいは急病の状況、原因、程度、③現場での応急処置について知らせる。そのとき、医師や救急隊の指示があればそれに従う。

(2)　救急処置（心肺蘇生法）

事故、急病など原因を問わず、呼吸や心臓の動きが止まると人は生命を維持することはできない。心臓機能が停止あるいは極端に低下している患者を救命する方法（心肺蘇生法）は、常日頃の訓練により誰もが行えるようにしておくことが大切である。心肺蘇生法は次のA、B、C、Dからなる。

A．気道の確保（Airway）

B．人工呼吸（Breathing）

C．心臓マッサージ（Circulation）

D．除細動　(Defibrillation)

心肺機能が停止した患者に対し、迅速に蘇生法を行うことによって、患者の生命を助けることができる。心肺蘇生法は次の要領で行う。

(3)　倒れている人を見たら

(a) 意識の有無：「大丈夫ですか」と声をかけて反応を見る。

(b) 自発呼吸の有無：耳を患者の口に近づけ、顔を患者の胸の方に向けて患者の呼吸を聞き、感じ、胸の動きを観察する。

(c) 脈拍の有無：頚動脈または大腿動脈を捜し、脈拍の有無を確認する。

(4)　心肺停止を確認したら

(a)蘇生の体勢を整える

① 近くに人がいれば直ちに応援を依頼し、119番に連絡する（図２－２参照)。

図２－２　まず119番に連絡

②手当てをするのに適当な場所（安全で、できるだけ下が固く平らな場所）に患者を運ぶ。
③首をねじらないように注意しながら、患者を仰向けにする。
④患者の肩のそばで手当がしやすい位置にひざまづく（図２－３参照)。

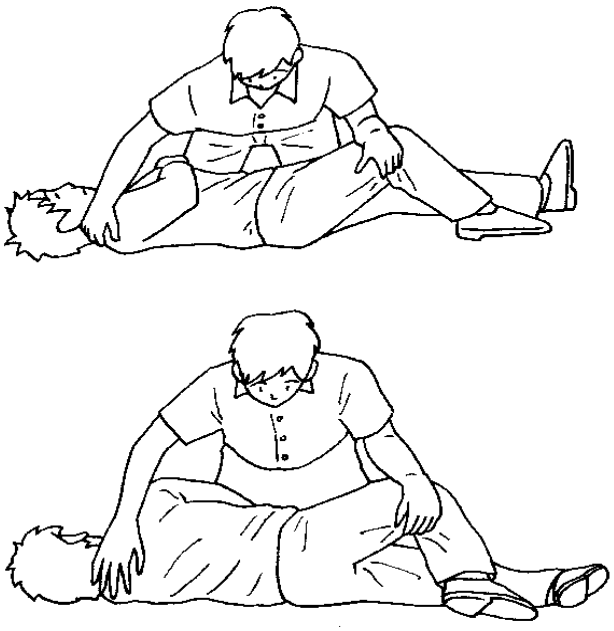


図２－３　手当がしやすい位置に移動

(b)気道の確保（Airway)
①まず口を開き、口腔内に異物、吐物、あるいは血液などがないか調べる。もしあれば注意深く除去する。
②次に一方の手を患者の前頭部に、もう一方の手を下顎に置き、顎先を挙上させる(図２－４参照)。

図２－４　顎先を挙上させる

③倒れている人の胸の動きを見たり、自分の耳を倒れている人の口元に当てて呼吸音を聞いたり、肌で感じて呼吸の有無を判断する（図２－５参照)。

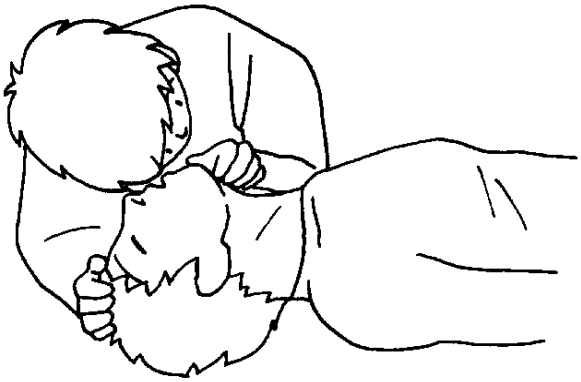
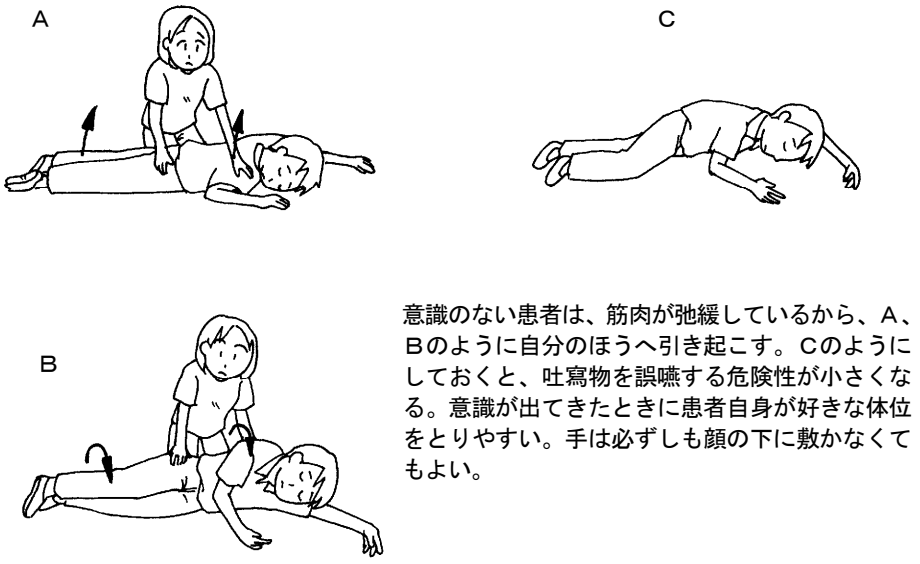


図２－５　呼吸の有無を確認する

④呼吸がない場合：人工呼吸を行う。
⑤呼吸がある場合：回復体位をとらせる（図２－６参照)。呼吸の有無がはっきりしないときには人工呼吸を行う。



意識のない患者は、筋肉が弛緩しているから、Ａ、Ｂのように自分のほうへ引き起こす。Ｃのようにしておくと、吐寫物を誤嚥する危険性が小さくなる。意識が出てきたときに患者自身が好きな体位をとりやすい。手は必ずしも顔の下に敷かなくてもよい。

図２－６　回復体位のとらせ方

(c)人工呼吸（Breathing）（図２－７参照）

①気道を確保したまま、額においた手の親指と人差し指とで鼻をつまむ。

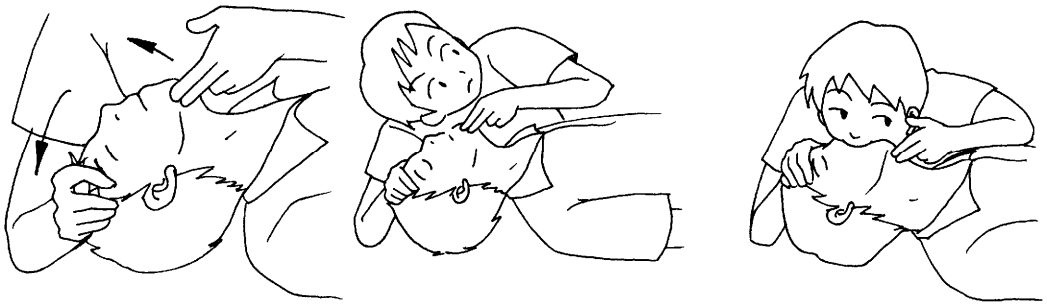
②次に、通常のときの倍くらいの息を吸い込む。口のまわりから息がもれないように、患者の口を被い、１～２秒かけて自分の胸が空になるくらいまで強く息を吹き込む。息を吹き込むときに抵抗なく胸が盛り上がり、音もたてずに息が入ることを確認する。抵抗が大きい場合は、再び口腔内に異物、吐物、あるいは血液などがないかを調べる。もしあれば注意深く除去する。１歳未満の乳児では口と鼻を同時に覆うようにするとよい。

③口を放した時に息が吐き出されるかを確認する（救命呼吸）。一回目の吹き込みが終わり、胸が元の位置まで戻ったら二回目の吹き込みを行う。息・咳・動きの有無を確認する。

④次に、脈の状態を調べる。

脈がある場合：人工呼吸を続ける。

脈がない場合：人工呼吸と心臓マッサージを行う。



A　頭部後屈と顎先挙上　　B　自分の耳を口の近くにもっていくと呼吸の有無を感じることができる　　C　口対口人工呼吸

図２－７　顎先挙上による気道確保と呼気吹き込み人

（d）心臓マッサージ（Circulation）　胸骨圧迫心マッサージ（図２－８参照)。

図２－８　胸骨圧迫式心臓マッサージ

①患者の胸の左右どちらかに位置し、胸骨下半分に両手の手のひらを重ねて置く。

②両ひじをまっすぐに伸ばして、そのまま自分の体重をかけて患者の胸を真下に向かって、胸郭が3.5～５㎝沈むように押す。手のひらを離さず、胸がもとの高さに戻るまで力を完全に抜く。そのままの位置でこれを繰り返す。１歳未満の乳児は人差し指から薬指までを使い、また、１歳か

ら７歳までは片手で胸郭径の１/3程度が沈むように押す。

心臓マッサージの回数は、成人では毎分80～100回、乳幼児では100～120回行い、一人で人工呼吸と心臓マッサージを行うときには心臓マッサージ30回につき人工呼吸２回の割合で行う（表2-２－１参照)。

表２－１　心臓マッサージ

胸を押す深さ	心臓マッサージの速さ	一人で行う場合 心臓マッサージ：人工呼吸	二人で行う場合 心臓マッサージ：人工呼吸
成人3.5～　5cm	100/分	30：2	30：2
小児2.5～3.5cm	100/分	30：2	15：2
乳児1.5～2.5cm	100～120/分	5：1	5：1

心臓マッサージがうまく行われると、マッサージごとに大きな動脈で拍動に触れるようになる。

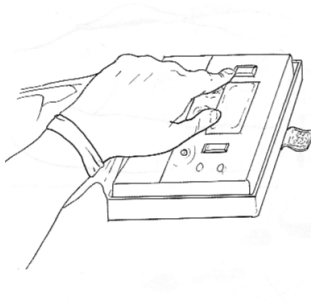
③心臓マッサージを１分間行ったのち､脈に触れ､脈が１分間に50回以上触知されたならば心臓マッサージを中止して人工呼吸を続ける。脈が戻らなければ、心臓マッサージと人工呼吸を続ける。

心臓マッサージと人工呼吸は、(1) 呼吸や心臓の動きが十分回復し、自発呼吸が出て脈に良好に触れるようになるまで、あるいは (2) 医師に引継ぐか、救急隊員や他の人に交代できるまで継続する必要がある。

(e) 除細動 (Defibrillation)

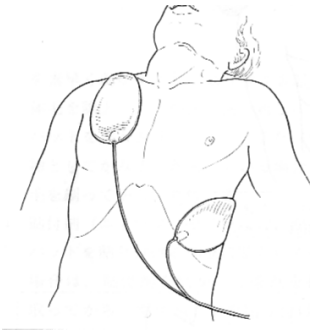
頚動脈や大腿動脈で脈拍が触知されない場合、心筋が無秩序に興奮しているためポンプ機能を果たしていない状態(心室細動や無脈性心室頻拍)に陥っている可能性がある。このような場合には早期除細動が救命率向上の重要なカギとされている。自動式体外除細動器(Automated External Defibrillator, ＡＥＤ）が設置されている場合はこれを用いて、人工呼吸と心臓マッサージを行いつつ除細動する。自動式除細動器は心電図を自動解析して除細動を行うので、一般市民でも取り扱いが可能である（図２－９)。

A.　除細動器のケースを開ける

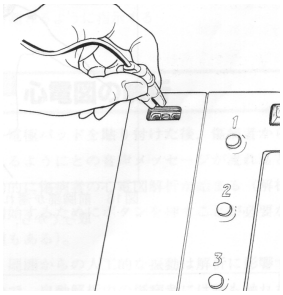


B.　電源スイッチを押す

C. 電極パッドを袋から出す



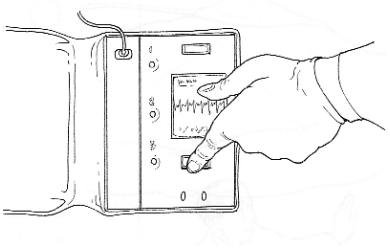
D. 電極パッドを貼り付ける



E. ケーブルを本体に差し込む

F. 除細動器が心電図解析を行う。
この間は傷病者から離れる。

胸部が濡れている場合は乾いた布でふき取る。
胸部とパッドは密着させるように貼る。
ペースメーカーがある場合は3cm離す。
胸毛は剃る。



G.　除細動器のスイッチを押す。
強い電流が流れるので誰も傷病者に触れていないことを確認後、除細動ボタンを押す。

H.　除細動器をつけたまま呼吸・循環サインを観察。

図２－９　自動式体外除細動器の操作

除細動後

① 呼吸・循環サイン両者がない場合：人工呼吸と心臓マッサージ
② 頚動脈の拍動が触れるが呼吸がない場合：人工呼吸
③ 意識はないが、呼吸が回復し頚動脈の拍動が触れる場合：回復体位に置いて観察

除細動器（ＡＥＤ）は、守衛室、５号館、10号館に常備してあります

(5)　意識障害者に対する手当の順序を図２－１０に示す

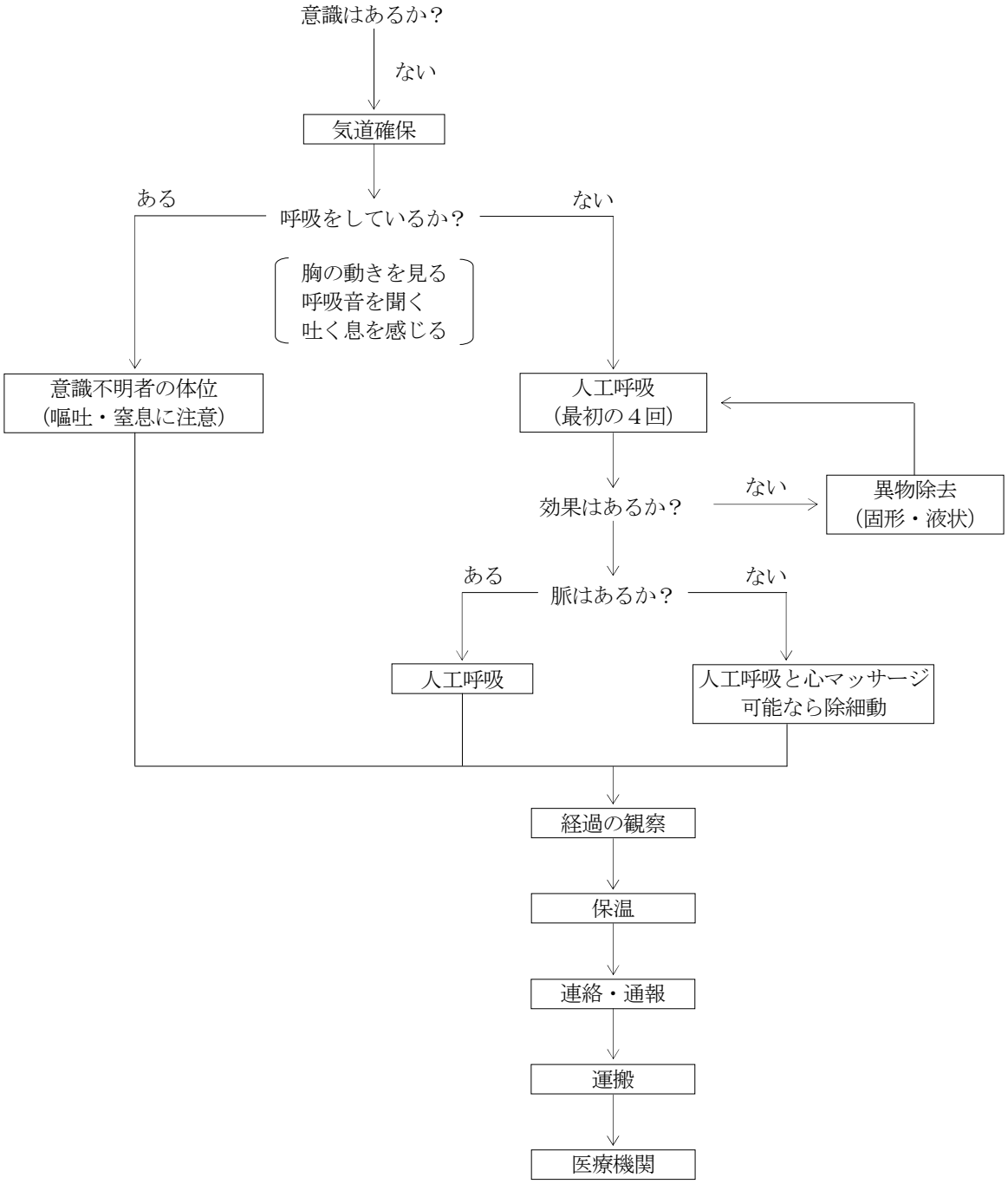


図２－１０　意識障害の患者に対する手当の順序

2.5 ケガの応急処置

(1) 切り傷（切創）

切り傷の場合には出血を伴うので、気が動転してしまう場合も少なくない。指先などの小さな切り傷では清潔なガーゼやタオルで圧迫することによって、大部分の場合には止血が可能であるので、あわてずに出血部位を確認してその部位を強く圧迫する。かなり多量の出血がある場合でも、出血部位をガーゼなどで覆った上から強く圧迫することによって止血効果が期待できる。この際、圧迫しているガーゼなどを頻繁に取り替えると、血液の凝固が起こりにくく、止血しにくくなる。

出血部の圧迫を解除すると再び出血して自然止血しないようなら、圧迫止血をしたまま医療機関に搬送する。傷が小さく、止血に余裕がある場合には感染を予防するために流水で傷を洗い、消毒薬がある場合には消毒を行って清潔なガーゼを当てる。必要ならば医療機関で診察を受ける。

[注意事項]

局所圧迫止血法以外にも止血帯を用いる方法があるが、熟練者が行わないとかえって出血を増加させたり、組織を損傷させることがあるため、応急処置としては不適当である。

手足が切断されるケガの場合、止血を行いつつ医療機関に急行するが、この場合、切断された手足を湿ガーゼでくるみ、ビニール袋に入れて密封した上、氷水中に保存して患者とともに病院へ運ぶ。最近では、再接着の技術が向上して治療成績は良好である。

(2) やけど（熱傷）

比較的小範囲のやけどの場合には、直ちに流水（水道水）で局所を冷やす。冷やすことによって、痛みも軽減される（最低10～20分以上冷やす）。冷たいタオルやアイスノンなどを用いてもよい。その後医療機関で診察を受ける。

[注意事項]

食用油やミソなどをつける民間療法は、無効なばかりか感染の原因になり、治癒が遅れる場合がある。皮膚に水泡を形成した場合もむやみに破ってはいけない。広範囲な熱傷の場合には生命にもかかわるので、至急、医療機関に搬送する。この際、熱傷部に付着した衣類を無理に脱がさない。

(3) 薬品による障害

化学薬品による障害は、人体との接触時間が長いほど局所の障害は強くなり、体内に吸収されて中毒症状を起こす可能性も高くなる。したがって、できるだけ早急に薬品を除去することが大切である。

酸やアルカリなどの化学薬品を皮膚に浴びた場合、直ちに大量の水（水道水で可）で15分間以上洗い流す。洗い流すことにより、薬品を除去する効果と局所を冷却して炎症を抑制する効果がある。酸なら弱アルカリの水溶液、アルカリなら２～３％の酢酸やレモン汁で中和する方法もあるが、とっさの場合には対応できない。とにかく多量の水で洗い流すことが重要であり、その後専門医の診察を受ける。

薬品が目に入った場合、特にアルカリ性の薬品やライン引き用の石灰などは眼組織の深部に浸透するため重い障害を起こす場合がある。この際も即座に多量の水で洗眼する。生理食塩液があればなお良いが、水道水でも十分である。多量の水で十分洗眼した後、至急専門医の診察を受ける。

中毒物質を摂取し３時間以内で、胃内にとどまっていると思われるときには、コップ２－３杯の水を飲ませてからノドに指を突っ込むなどして咽頭を刺激し、嘔吐を誘発して毒物の排泄を試みる。ただし、意識障害などで誤嚥の恐れがある場合、酸、アルカリ、灯油などの揮発性物質を摂取した場合には、嘔吐を誘発させてはならない。さらに胃洗浄や解毒薬などの処置を行うために、直ちに医療機関へ搬送する。その際、どんな薬品を誤食（飲）したか、どの程度の量であったかを確認しておく。

(4) 有毒ガスの吸入による粘膜汚染

低酸素状態に暴露されたり、一酸化炭素、塩素、臭素、二酸化窒素、亜硫酸ガス、一酸化窒素、ホスゲン等を吸入した場合、新鮮な空気を呼吸できる場所（室外が望ましい）に移動させる。呼吸困難があれば衣類を脱がせ、酸素を吸入する。その際、発見者は室内ならば窓を開放して十分に換気を行い、また、毒ガス発生源より風上の位置から近づくなど低酸素状態や毒ガスに曝露しないようにする。有毒ガスの吸入では、経時的に悪化する場合もあり、病院受診が必要である。

シアン化水素、シアン化合物を吸入した場合、大量の酸素（10～15ℓ/分）を吸入させ、速やかに病院受診をする。呼吸停止の起こった場合、人工呼吸器（アンビューバック）による人工呼吸が必要である。シアン化水素を扱う場合、上記の人工呼吸器、シアン中毒キットを準備しておく必要がある。

(5) 骨折、脱臼、捻挫

受傷部のはげしい痛み、異常可動性、変形が認められる場合には骨折を疑う。完全骨折でない場合には、骨折の診断はレントゲン検査を行わないと正確にはわからない。したがって、骨折が疑われる場合には受傷部位とその上下関節を副木や外副子（シーネと呼ばれる）で固定して、患部が動かないようにしたまま医療機関に搬送する（図２－１０参照）。副木や副子は身近にあるボール紙、新聞紙、週刊誌、板、戸板、棒、はしご、つえ、かさ、野球のバット、毛布、座布団なども利用できる。

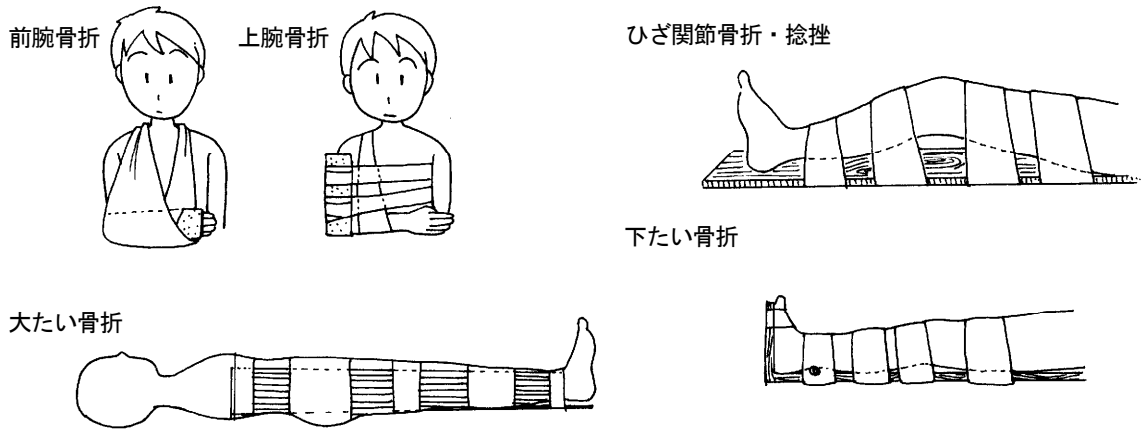


図２－１０　副木の当て方

[注意事項]

この際の注意点として、

(a) 副木と患部との間に布や綿をあてて局所的な圧迫を生じないようにする。

(b) 固定しようとする部位にある関節が過伸展にならないようにする。

(c) 固定に使う包帯類で血流障害を起こさない（強く締めつけない）ようにする。

などが挙げられる。

［参　　考］

脱臼は、関節を構成する骨の位置関係が外力などで変位した状態であり、関節部の痛み、関節の変形、関節運動障害を起こす。整復が必要なため、脱臼している関節を副木で固定して迅速に専門医に搬送する。

捻挫は、関節に強い外力が作用したとき、関節周囲の組織が過伸展や断裂を起こし損傷するが、関節面は正常な状態に保たれているものをいう。関節部に痛み、腫れを起こし、関節の運動障害が見られる。応急処置として、関節を副木で固定するかテーピングを行い、専門医の診察を受ける。

アキレス腱断裂もスポーツなどの際にしばしば認められる。応急処置の基本は患部を動かさないことで、このため副木固定は有用である。

(6) 頭部外傷

頭部に強い外力が加わると、頭蓋骨から頭蓋内腔に損傷を生じる。これに伴って、意識障害やマヒ、嘔吐などいろいろな症状が現れるが、外見からは脳内の損傷程度はわからず、また時間を経てから意識レベルの低下や麻痺などの症状がでる場合も少なくない。したがって、頭部外傷では受傷時ばかりでなく経過を追って状態を観察しなければならない。

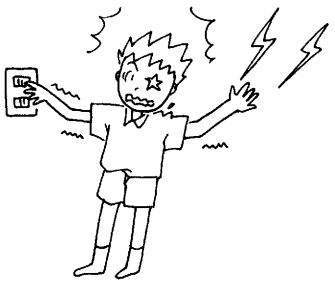
応急処置として、意識がない場合には気道を確保して楽に呼吸ができるように回復体位をとらせる（2.4（4）(b) 気道の確保を参照)。頭皮からの出血は、圧迫止血によってほとんどの場合止血可能であり、清潔なガーゼなどで圧迫する。意識のない場合はもちろん、短時間で意識が回復した場合でも専門医による診察を受ける。

［注意事項］

意識が回復したのち、再び意識レベルが低下したり、頭痛や吐き気が続く場合には頭蓋内血腫の疑いがあり、至急、医療機関へ搬送する。

(7) 感　　電

感電（電撃）による障害は電撃傷（電流が生体を流れてできる熱傷）とショック（心臓に電流が流れ、心室細動、心停止を起こす）に分けられる。生体に10～20mA以上の電流が流れると、筋肉のけいれんを起こして感電源から自力で離れることができなくなる(離脱限界)。100mA以上になると、心臓、呼吸の動きが停止する。



応急処置として、

(a) 直ちにスイッチや電源を切り、感電源から引き離す。電気を止められない場合には救助者が感電しないよう、絶縁体（乾いた棒やゴム手袋、布など）を介して感電源から引き離す。

(b) 呼吸停止や心停止が疑われる場合には、直ちに心肺蘇生法に従って人工呼吸や心臓マッサージを行う。この間に急いで救急車を呼ぶ。

［注意事項］

電撃傷は傷が小さくても組織の壊死が起きていることがあり、必ず専門医の治療を受ける。

2.6　急性アルコール中毒の処置

(1)　飲酒時の注意

アルコール（酒類）は、摂取すると精神的緊張を解き放し、気分をリラックスさせ、食欲を増進させるプラス面を持つ。その一方、飲み方や量を間違えると、正常な判断や行動が取れなくなって事故をおこしたり、急性アルコール中毒を起こして最悪の場合は死に至る。アルコールの害を十分理解して、節度ある飲酒をすることが大切である。飲酒の際には、

(a)　無理強いをしない、させない。

(b)　一気のみ、むちゃ飲みは非常に危険であり、絶対に行わない、行わせない。

(c)　酒が飲めることは自慢にならない。常に節度ある飲み方を心がける、心がけさせる（マナーを含めて）。

これらの事項を厳守することが、アルコールによる事故を防ぐために重要である。

(2)　急性アルコール中毒の症状

急性アルコール中毒の症状は、アルコールの血中濃度によって規定される。血中アルコール濃度と症状の関係は次のようである。

①30mg/dℓ：軽度多幸感や饒舌、多弁などいわゆるほろ酔い。

②50mg/dℓ：軽度共同運動障害（歩行時のふらつき）、自制心がなくなり感情をむき出しにしたり、大声を出す。

③100mg/dℓ：明らかな歩行障害（ちどり足）、ろれつが回らないなど酩酊状態となる。

④300mg/dℓ：昏睡状態（呼びかけにも反応がない）となる。

⑤400mg/dℓ：深昏睡状態（致死的状態）となる。

血中アルコール濃度と飲酒の絶対量とは必ずしも一致しない。食べ物を取りながら飲むときには、アルコールの吸収も比較的遅く、また時間をかけてゆっくりと飲む場合には分解される量も増えて血中濃度はある一定レベルで留まる。しかし、空腹時や一気飲みなどでは急激にアルコールが吸収され、血中濃度が高値となって中毒症状を起こしやすい。また、アルコールは肝臓にあるアルコール分解酵素によって最終的に水と炭酸ガスに分解されるが、この酵素の量（アルコール分解能の差）は個人差や人種差が大きく、ほんの少量のアルコール摂取でも酩酊状態となる人もいる。こうした人が短時間に多量のアルコールを摂取すると、容易に急性アルコール中毒に陥る。中毒に陥らないアルコールの限界量は個人によって異なり、一定の基準がない。

(3)　症状に対応する処置

(a)　消化器症状（吐き気、嘔吐、胃部不快感、吐血）

衣服を緩め、楽な姿勢で横にする。嘔吐があるときには誤えん（吐いたものが気管に入り窒息状態となる）しないよう介助する。吐き気が治まったら、お茶、コーヒーなどの水分を補給させる。頻繁に嘔吐があり、吐いたものに血液が混ざっている場合には、食道下部や胃からの出血が考えられるので医師の処置を受ける。

(b)　神経症状（昏睡状態）

酩酊状態では嘔吐したものを誤嚥しやすい。昏睡体位（図Ⅰ－３－５参照）をとり、嘔吐物が気管に入らないようにして医師の処置を受ける。この際、保温に十分注意する（毛布などでくるんで体温を逃さないようにする）。昏睡状態では、体温の調節機能も障害され、厳寒期ばかりでなく比較的温暖な時期でも凍死する可能性がある。泥酔者を絶対に放置してはならない。

［メ　　モ］

致死的な血中アルコール濃度は400㎎/dℓであるが、成人の循環血液量を約５ℓとすると、血液中のアルコール総量としてはわずか20ｇである。すなわちビール一本(633㎖)に含まれているアルコール(約30ｇ）あるいは日本酒一合に含まれているアルコール（約27ｇ）を一気に静脈内に投与すると致死的血中濃度を越えてしまう。アルコールは危険であることを十分認識した上で、うまくつき合うことが大切である。

[参考文献]

１．北海道大学：安全の手引（1999）
２．山形大学医学部附属病院：毒・劇・薬物中毒診療マニュアル（1999）
３．日本赤十字社編：赤十字救急法教本、日本出版普及会（1977）
４．化学同人編集部編：実験を安全に行うために、化学同人（1993）
５．心肺蘇生法委員会編:ACLSトレーニングマニュアル、日本医師会（2005）
６．中毒－新しい治療指針、救急医学 vol.12 、へるす出版 （1998）

３．化学実験における安全指針

3.1　化学実験の心得 ····· 25

3.2　薬品の危険性 ····· 26

3.3　薬品の取扱い ····· 26

3.4　発火危険性のある物質 ····· 29

3.5　人体に対して有毒な物質 ····· 32

3.6　環境汚染物質 ····· 36

3.7　危険の想定・事故例 ····· 37

3.8　オートクレーブの安全な取扱い方 ····· 39

3． 化学実験における安全指針

3.1 化学実験の心得

(1) 実験を始める前に

化学の実験・実習を行う場合、薬品や装置等の取扱が不適切であると、重大な事故が起こる。この原因としては、危険に関する知識の欠如と実験作業上の不注意が圧倒的に多い。事故が起こった場合の適切な処置も大事であるが、実験はまず絶対安全に行うこと、これに最大の注意を払うことが大切である。

① 周到な実験計画を立てよ。
無理なスケジュールは事故のもとである。

② 実験準備は万全を期せ。
実験手順を確認し、必要な器具、試薬などを用意する。

③ 思考実験をしてみよ。
頭のなかで実験を一通り行ってみて、以下の点を確認する。

(a) 実験操作がうまくできるか？
ＮＯ→実験指導を受けなさい

(b) 使用する薬品すべてについて、その危険性を知っているか？
ＮＯ→参考書、資料で調べなさい

(c) 実験に使う器具と装置の使い方がよくわかるか？
ＮＯ→使い方の指導を受けなさい

(d) 実験の内容と反応特性がよくわかるか？
ＮＯ→参考書、資料で調べなさい。その後で、内容などの指導を受けなさい。

④ 実験する場所は整理・整頓せよ。
実験する場所は整理・整頓し、特に加熱のある所には物品を置かない。乱雑な場所で事故が起こりやすい。

⑤ 実験室は火気厳禁である。
引火性のある物質を扱う時には実験室の中に火気をなくす。

⑥ 経験のない実験や高度な実験操作は一人でしてはならない。
オートクレープ、ガスボンベ、真空ライン、冷却装置等、極限に近い条件を作りだす実験・作業では、必ず経験のある人に指導をお願いする。

(2) 実験中

実験中はいま行っていること、行おうとしていることが火災、爆発、中毒、火傷、外傷につながらないか常に想像することを怠らない。

① 実験中はその場を離れるな。
実験中は注意力を集中し、ちょっとした危険への兆候も見逃さないように観察することが大切である。やむを得ず現場を離れる時でも、心は残しておけ。

② 実験操作は、基本に忠実にせよ。
少し慣れると実験操作が横着になり、事故を起こす。実験操作は、基本に忠実にしたがい行う。

③ 薬品は、直接、身体に接触させてはならない。
薬品等が身体に直接接触することを絶対にさける。そのために、白衣（実験着）を着用し、保護眼鏡をかける。気体を発生する物質はドラフトの中で扱う。必要な時には、ゴム手袋、防護マスクを使用する。

④ 危険な実験は予備実験を行う。

危険と思われる実験（未知の反応および操作を含む実験，過酷な反応条件の実験等）では、まず少量による予備実験を行ってみる。

⑤ 室に誰もいない時には実験してはならない。

突然、爆発、火災、急性中毒、感電などが発生することがあるので、一人で実験を行なわない。一人で行うと、緊急の場合に助けが得られない。特に、夜間一人だけの実験は絶対行ってはならない。

(3) 実験終了

① 後始末をすぐに行う。

用済み（後で使用できないもの）の危険な薬品、廃液等は決められた所（廃液溜など）に一時保存する。もしその場で処理する場合には、規定にしたがって処理する。

② 実験に使用したものを元どおりにする。

ガス、水道、電気の元栓をしめる。使用した試薬ビンに入っているものは元の所にもどす。また、測定器等を点検する。

3.2 薬品の危険性

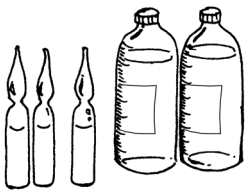
(a) 全ての薬品は危険物質である。

(b) しかし、取扱いが適切ならば、特に危険というものではない。

(c) そのためには、薬品の性質と危険の程度を知ることが必要である。

(d) 万一のために、事故対策の方法を身につけておく。

(e) 入手から保管、使用、廃棄に至る全ての責任を自覚する。



3.3 薬品の取扱い

(1) 購　　入

(a) 消防法で危険物に指定されている薬品は、研究室や実験室、あるいは建物に保管できる数量が規定されているので、必要以上に購入しない。

（参考）消防法で定められた危険物薬品の指定数量（表３－１参照）の0.2倍未満しか実験室に置いてはいけない。その0.2倍以上１倍未満の危険物を扱う場合には、各研究室ごとに消防署に届け出て、「少量危険物貯蔵取扱所の許可」を受ける必要がある。

例えば、エーテル２ℓ、キシレン10ℓ、アルコール10ℓ、酢酸エチル５ℓを取り扱う実験室の場合、指定数量の算出法は以下の通りである。

(2/50) + (10/1,000) + (10/400) + (5/200) ＝0.10

ここで、分母の数値は危険物表（表３－１）のそれぞれの指定数量、分子の数値はその実験室でのそれぞれの取扱い保有量である。

(b) 危険でない薬品でも必要以上の量を購入しないようにする。古くなった薬品による実験は、時には結果の信頼性を低下させることがある。

(c) 薬品は注文から納品まで時間がかかることがあるが、そのために大量に買い置きすると広い保管場所が必要となり、危険となるので計画的に購入する。

(d) 薬品は普通500ｇ（または500mℓ）容量のビンに入っているのが一般的であるが、容量が１ｇ、25ｇ、250ｇ、15kgなどのビン入りも販売されている。購入にあたっては適切な容量のビンを選択する。

(2) 保　　管

(a) 薬品は薬品名をはっきり表示した安全な容器に保管する。薬品名が消える恐れのある場合には、早めにラベルを貼り替える。

(b) 常用する薬品でも実験室における保管は必要最少量に留める。消防法指定の薬品を同一実験室内に

複数保管する場合の目安は、それぞれの保管量を指定数量（例えばジエチルエーテル50ℓ、メチルアルコール400ℓ）で除した数値の和が0.2倍未満に留めることである。

(c) 薬品棚や保管庫には性質の異なった薬品が混在しないように、例えば無機物は陰イオン別、有機物は官能基別などに整理する。混合による事故を防ぐには、薬品を危険性によって分類する（表３－１参照）。

(d) 劇薬物（例えば、シアン化カリウム（青酸カリ））や危険薬品（例えば、塩素酸カリウム）などは一般薬品と区別し、施錠設備のある戸棚に保管する。

(e) 熱的に不安定な薬品の保管には冷蔵庫が用いられるが、洩れた溶剤蒸気がときに着火源になるので注意を要する。防爆式の冷蔵庫を使用するのが望ましい。

(f) 地震の際には戸棚の薬品ビンが衝突、転倒、転落して割れることのないように、適当な仕切りや横木をつけるなどの工夫をする。

表３－１　危険物分類表

類	品　　名	性　　質	指定数量	該当物質の例
第１類	①塩素酸塩類、②過塩素酸塩類、③無機過酸化物、④亜塩素酸塩類、⑤臭素酸塩類、⑥硝酸塩類、⑦ヨウ素酸塩類、⑧過マンガン酸塩類、⑨重クロム酸塩類、⑩その他のもので政令で定めるもの、⑪前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第１種酸化性固体	50kg	過塩素酸マグネシウム、過酸化バリウム、過塩素酸アンモニウム、過ヨウ素酸カリウム
		第２種酸化性固体	300kg	亜硝酸ナトリウム、サラシ粉、トリクロロイソシアヌル酸
		第３種酸化性固体	1,000kg	硝酸アンモニウム、硝酸鉄、過ホウ酸ナトリウム
第２類	①硫化リン、②赤リン、③硫黄		100kg	
	鉄粉		500kg	
	①金属粉、②マグネシウム、③その他のもので政令で定めるもの、④前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第１種可燃性固体	100kg	マグネシウム粉（150メッシュパス）
		第２種可燃性固体	500kg	マグネシウム粉（80～150メッシュパス）
	引火性固体		1,000kg	固形アルコール
第３類	①カリウム、②ナトリウム、③アルキルアルミニウム、④アルキルリチウム		10kg	
	黄リン		20kg	
	①アルカリ金属（カリウム及びナトリウムを除く）及びアルカリ土類金属、②有機金属化合物（アルキルアルミニウム及びアルキルリチウムを除く）③金属の水素化物、④金属のリン化物、⑤カルシウム及びアルミニウムの炭化物⑥その他のもので政令で定めるもの、⑦前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第１種自然発火性物質および禁水性物質	10kg	リチウム粉、水素化リチウム
		第２種自然発火性物質および禁水性物質	50kg	
		第３種自然発火性物質および禁水性物質	300kg	
第４類	特殊引火物		50ℓ	ジエチルエーテル、アセトアルデヒド
	第１石油類	非水溶性液体	200ℓ	ガソリン、トルエン、酢酸エチル
		水溶性液体	400ℓ	アセトン、メチルエチルケトン
	アルコール類		400ℓ	メチルアルコール、エチルアルコール、プロピルアルコール
	第２石油類	非水溶性液体	1,000ℓ	灯油、軽油、キシレン
		水溶性液体	2,000ℓ	酢酸、ギ酸イソアミル

	第３石油類	非水溶性液体	2,000ℓ	重油、クレオソート油、アニリン
		水溶性液体	4,000ℓ	グリセリン、酪酸
	第４石油類		6,000ℓ	ギヤー油、シリンダー油
	動植物油類		10,000ℓ	パーム油、アマニ油、ヤシ油
第５類	①有機過酸化物、②硝酸エステル類、③ニトロ化合物、④ニトロソ化合物、⑤アゾ化合物、⑥ジアゾ化合物、⑦ヒドラジンの誘導体、⑧ヒドロキシルアミン、⑨ヒドロキシルアミン塩類、⑩その他のもので政令で定めるもの、⑪前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの	第１種自己反応性物質	10kg	アジ化ナトリウム、過酸化ベンゾイル
		第２種自己反応性物質	100kg	ニトロメタン、硫酸ヒドラジン
第６類	①過塩素酸、②過酸化水素、③硝酸、④その他のもので政令で定めるもの、⑤前各号に掲げるもののいずれかを含有するもの		300kg	過塩素酸、硫硝濃酸（1：1）、濃硝酸

(3) 使　　用

(a) 使用する前に薬品の性質や生成物の性質をよく調べ、必要な安全対策を講じる。

（参考）労働安全衛生法関係法令（有機溶剤中毒予防規則や特定化学物質等障害予防規則など）で指定された化学物質を使用する際は、当該薬品の使用が認められた実験室において、適切な実験施設を使用して取り扱うこと。

(b) 薬品の使用量が目的から見て最小の規模になるように実験を計画する。不必要に大きなスケールの実験は万一の事故を大きくする。

(c) 薬品が身体に直接触れることのないように注意する。特に、薬液の飛散やガラス破片の飛来から目を守るため、保護メガネを必ず着用する。

(d) 保護メガネの他に保護手袋、保護マスク、保護面、安全衝立など実験用保護具を常備する。また、消化器、救急手当用具などの位置を確認しておく。

(e) 突発的な事故の危険があるので、一人で実験を行ってはならない。特に、夜間や休日には、事故の際に助けが得られないことが多い。

(f) 使用中の薬品を除いて不必要な薬品を実験台の上に置かない。使用後は所定の保管場所へ片付け、実験室内に出して置かないようにする。

(4) 処理・廃棄

廃棄物の処理に関しては「８．実験廃液物の処理」を参照すること。

(5) 薬品の危険性

薬品が関わる危険としては

(a) 火災や爆発を起こす発火危険性、すなわち化学的危険性。

(b) 中毒や職業病などを起こす有害危険性、すなわち生理的危険性。

があげられる。そこで、薬品は危険の性質によって消防法、毒物及び劇物取締法、労働安全衛生法などにより、その取扱いが規定されている（表３－２）。また、試薬カタログや試薬ビンにはマークによって危険性や取扱いが直感的に判断できるようにしてある（表３－３）。

表３－２　危険物質の分類

発火性物質			消防法
禁水性物質			消防法
引火性物質	可燃性ガス		高圧ガス保安法
	特殊引火性液体		消防法
	高度引火性液体		消防法
可燃性物質			消防法
爆発性物質	爆発性化合物		火薬類取締法
	爆発性混合物		消防法
酸化性物質	酸化性固体		消防法
	酸化性液体		消防法
	酸化性ガス		高圧ガス保安法
強酸性物質			消防法
有害性物質	有毒ガス		高圧ガス保安法
	毒物		毒物および劇物取締法
	劇物		毒物および劇物取締法

表３－３　試薬カタログのマーク

危	消防法による危険物
毒	毒物および劇物取締法による毒物
劇	毒物および劇物取締法による劇物
注	取扱い上、特に注意を要するもの
遮	遮光貯蔵品
冷	冷蔵貯蔵品
凍	冷凍貯蔵品

3.4　発火危険性のある物質

(1)　発火性物質

アルキルアルミニウム、黄リン、還元金属触媒（Pt、Pd、Ni、Cu－Cr）

〔性　質〕

(a)　発火温度が低いために室温の空気中で発火する。

(b)　多くは水との接触によっても発火する。

〔取扱い〕

(a)　空気と接触しないようにするため、水中に保管するもの（黄リン）と不活性ガス雰囲気に保管するもの（アルキルアルミニウム）とがある。

(b)　保管にあたっては、他の物質と隔離する。

(c)　触れると火傷をするので、皮膚には絶対触れないようにする。

〔消火法〕

一般に乾燥砂か粉末消火器を用いるが、ごく少量のときは大量の水がよい。

(2) 禁水性物質

金属ナトリウム、金属カルシウム、炭化カルシウム、生石灰、水素化アルミニウムリチウム、水素化リチウム、五酸化リン、発煙硝酸、硫酸、クロロ硫酸、無水酢酸

〔性　質〕

吸湿または水と接触すると、次の５つのいずれかの性質を示す。

(a) 可燃性ガスを発生し、発火する（金属ナトリウム)。

(b) 可燃性ガスを発生し、発火するが、普通には発火しない（炭化カルシウム)。

(c) 有毒ガスを発生し、ガスは空気と混合すると発火する（リン酸カルシウム)。

(d) 発熱だけであるが、付近に有機物があると発火することがある（石灰)。

(e) 激しく発熱し、飛び散る（硫酸、クロロ硫酸)。

〔取扱い〕

(a) 直接水に触れないようにする。

(b) 保管中には空気中の湿気に気をつける。

(c) ナトリウム、カリウムは石油中に保存し、他の薬品とは隔離する。

〔消火法〕

粉末消火器、乾燥砂、食塩などを用いるが、注水したり炭酸ガス消火器を使ってはいけない。

(3) 引火性物質

(可燃性ガス)	「７.ガスの安全な取扱い方」参照。
(特殊引火性液体)	エーテル、二硫化炭素、ペンタン
(高度引火性液体)	ガソリン、ヘキサン、ベンゼン、トルエン、アルコール類、アセトン、酢酸エステル類

〔性　質〕

(a) 空気が触れただけでは引火しないが、火源があれば容易に着火する。

(b) 危険性はおおむね引火点で決められる。特殊引火性液体の引火点は－20℃、高度引火性液体の引火点は20℃未満である。

(c) エーテル、二硫化炭素は極めて引火しやすく、数メートル離れた裸火からも引火する。

〔取扱い〕

(a) 実験室には必要以上の量を持ち込まない。

(b) 室内での取扱い中は全ての裸火を使用しないように注意する。

(c) 加熱にバーナーのような裸火を使用しないように注意する。

(d) 蒸気の発散するところでは換気に留意する。

〔消火法〕

粉末消火器または炭酸ガス消火器を用いる。実験室で起きる火災では最も多い。

(4) 可燃性物質

灯油、重油、動植物油、硫黄、赤リン、金属粉

〔性　質〕

(a) 室温では裸火のような火源があっても着火しないが、加熱すると容易に発火する。

(b) 引火点以上であれば、引火性液体と全く変わらない引火の危険性がある。

〔取扱い〕

(a) 引火点の高い場合でも布などに染み込ませると容易に着火する。

(b) 発火温度の低いものは加熱した金属表面に接触すると危険である。

(c) 加熱によって発生する蒸気は、空気より重いので、下降し、加熱源によって引火することがある。

〔消火法〕

大量に注水する。または粉末消火器や炭酸ガス消火器を用いる。

(5) 爆発性物質

1）爆発性化合物

過塩素酸アンモニウム、亜塩素酸ナトリウム、硝酸アンモニウム、過酸化ベンゾイル、 ピクリン酸、トリニトロトルエン

〔性　質〕

それ自身不安定な物質で、熱や衝撃によって爆発する。

〔取扱い〕

(a) 火気、衝撃で爆発するので危険度をよく調べる。

(b) 種々の反応で副生したり、保管中に生成したりするので注意が必要である。

(c) エーテル類（エーテル、テトラヒドロフラン）は空気中の酸素で有機過酸化物を作りやすい。このため、蒸留には残さを多くするなど取扱いに注意する。

(d) 酸、アルカリ、金属、還元性物質に触れると爆発することがあるので、不用意に混合しない。

〔消火法〕

大量に注水する（爆発しても危険のない場所に人を避難させる)。

2）爆発性混合物（表３－４参照）

表３－４　爆発性混合物（薬品Ａ＋薬品Ｂ）

薬　　品　　A	薬　　品　　B
硝酸塩、濃硝酸、無水クロム酸、過マンガン酸塩、ハロゲン酸塩（塩素酸塩、亜塩素酸塩、次亜塩素酸塩）	有機物など可燃物
アルミニウム、マグネシウム	含酸素化合物（Fe_2O_3、Na_2SO_4、Na_2CO_3、ZnO）
四塩化炭素、クロロホルム	金属ナトリウム
過マンガン酸塩、ハロゲン酸塩（塩素酸塩、過塩素酸塩、亜塩素酸塩、次亜塩素酸塩）	強酸
不安定なアンモニウム塩（亜硝酸塩、塩素酸塩、過マンガン酸塩）	安定なアンモニウム塩
濃硫酸、発煙硫酸、クロロ硫酸	水、アルカリ

〔性　質〕

２種以上の物質の混合による反応熱によって、急激な沸騰、飛散、または発火、爆発を起こす。

〔取扱い〕

取扱者の知らないうちに生成する可能性があるので十分な警戒が必要である。

〔消火法〕

大量に注水する。

３）火 薬 類

火薬類は爆発性物質を配合した成形品で、使用に当たっては法令および指導者の指示に従う。

(6) 酸化性物質

〔性　質〕

(酸化性固体)…… 塩素酸塩、過塩素酸塩、無機過酸化物、過マンガン酸塩
(酸化性液体)…… 過塩素酸、過酸化水素、発煙硝酸、濃硝酸
(酸化性ガス)…… 酸素、オゾン、フッ素、塩素

(a) 化学的に活性で、他の物質と容易に反応して危険な状態を生じ、火災や爆発の原因となる。

(b) 固体酸化剤は、加熱、摩擦、衝撃によって酸素を放出しながら分解し、同時に大量の熱を発生する。

(c) 分解によって放出される酸素による酸化反応も大量の熱を発生する。

〔取扱い〕

(a) 加熱、衝撃、摩擦を避ける。

(b) 有機物などの可燃物や強酸との接触を避ける。

(c) 日光の直射を避け、熱源から離す。

〔消火法〕

一般に水が用いられるが、アルカリ金属の過酸化物は「禁水性物質」として扱う。

(7) 強酸性物質

硫酸、硝酸、クロロ硫酸、フッ化水素酸、クロロ酢酸、ギ酸

〔危険性〕

(a) 酸化性物質と混合すると発火、爆発するものが多い。

(b) 皮膚や粘膜に触れると激しい薬火傷を起こす。また、高濃度の蒸気を吸入すると呼吸を刺激し、肺水腫を起こすことがある。

(c) 金属、その他の材料を腐食する。

3.5 人体に対して有毒な物質

〔危険性〕

(a) 実験室で使われる薬品のほとんどは有毒である。

(b) 毒性の強いものの中には、扱いを誤ると致命的な障害を受けることがあるので、毒性の程度を調べて、細心の注意を払って取扱う。

(c) 毒性についてよく知られていない物質も多いが、常にその毒性を予測して扱わなければならない。

(d) 長い間の不注意な取扱いにより慢性の障害を起こす物質もある。

(e) ベンゼン、クロロホルム、アニリンなど実験室で頻繁に使われる薬品にも発癌性が認められているので、注意をしなければならない。

(f) 自分が扱っている化合物、反応生成物には慣れにより注意が払われない場合が多いが、毒性の未知

なものは全て強力な発癌性をもつ物質と同じ扱いをするべきである。

(1) 有毒ガス（「７．ガスの安全な取扱い方」参照）
(2) 健康障害を引き起す化学物質（p.85(7)参照）
(3) 毒物および劇物

〔取扱い〕

(a) 蒸気や微粒子として呼吸器官から、水溶液として消化器官から、また接触によって皮膚や粘膜から吸収されるので、対応した注意が必要である。

(b) 容器は、内容物が外気と接触しないように密栓し、内容物を明確に記入したラベルを貼る。何が入っているか解らないビンは処置に困る。

(c) 初めて扱う薬品については、知り得る限り毒性を調べるか、あるいは経験者に話を聞くようにする。

(d) 皮膚についたら流水で十分に洗い、実験衣などもそのままにせず水洗いする。表３－５及び表３－６に代表的な有毒物質を応急処置とともにあげる。また表３－７及び表３－８が応急用として役立つかもしれないが、いずれにしても一刻も早く医師の診察を受ける。

なお、本学の「毒物及び劇物取扱いの手引」及び本学附属病院の「毒・劇・薬物中毒診療マニュアルも参照のこと。

表３－５　無機性毒物・劇物

物　質　名	毒　　性	注　　意	処　　置
ヒ素とその化合物	亜ヒ酸は特に猛毒。致死量0.1～0.2g。嘔吐、下痢、腹痛などの後、昏睡して呼吸困難、心臓麻痺により死ぬ。	実験室で扱うことは極力避け、やむを得ず扱わなければならない時には細心の注意を払う。	吐かせてから牛乳を500mℓ飲ませ、２～４ℓの温水で胃洗浄する。
水銀とその化合物	水銀の蒸気は毒性を持ち、呼吸器を侵す。また、塩化第二水銀（昇こう）は特に猛毒性で消化器を侵し死に至る。	密閉したビンの中に保存する。	スキムミルク、水などでといた卵白を与える。ジメルカプロール（BAL）、硫酸ソーダの水溶液を与える。
リン、リン化合物	黄リンは特に火傷の原因となる。三塩化リンも同じ。また蒸気はのどや鼻の粘膜を刺激し、腐食作用をもつ。消化器に入ると激しく作用して数日苦しんだ後死に至る。		
強酸類（特に硫酸）、強アルカリ類	触れると皮膚を侵し、重い化学火傷、腐食を起こす。また衣類などは瞬時に腐食される。	机の端や倒れ易い所に置かない。	［強酸］ 飲み込んだ時は、200mℓの酸化マグネシウム乳濁液、水酸化アルミニウムのゲル、牛乳、水などを飲ませて希釈する。目に入った時も流水で15分以上洗う。

			［強アルカリ］ 飲み込んだ場合は、食用酢を薄めたもの（水で約５倍に希釈）を飲ませ中和する。皮膚についた時は、ヌルヌルしなくなるまで流水で洗い、さらに薄めた食酢で中和する。目に入った時は、15分以上流水で洗い、できるだけ早く医師の診察を受ける。

表３－６　有機性劇物

物　質　名	毒　　性	注　　意	処　　置
アニリン、ニトロベンゼン	皮膚からの吸収、蒸気の吸入により、頭痛、吐き気などを起こし、時には意識不明になる。	芳香族アミン系化合物には強い発癌性をもつものがある。なるべくドラフト中で操作する。	飲み込んだ場合は、吐かせた後胃洗浄し、下剤を用いて除去する。皮膚についた時は、石けん、水で十分に洗い落とす。
フェノール類、ニトリル類	皮膚の腐食、粘膜から吸収され神経を侵す。消化器障害、神経異常の原因にもなる。	特に液体、気体ニトリルに注意。	飲み込んだ場合は、水、牛乳、活性炭を与え吐かせる。胃洗浄する。さらに、下剤（ヒマシ油、硫酸ソーダ）を与える。皮膚についた時は、アルコールで擦り落とし、温水でよく洗う。
メチルアルコール	１回に30～50mℓを飲むと嘔吐、けいれん、呼吸困難、視覚障害を起こし、呼吸麻痺で死ぬ。また、失明することが多い。		１～２％重曹水溶液で十分に胃洗浄を行う。
ベンゼン	蒸気を呼吸すると中毒を起こす。慢性は貧血、急性は神経錯乱。	極めて有毒、発癌性も報告されている。	新鮮な空気のある所へ移す。胃洗浄や吐剤の使用は、大量に飲んだ場合以外、副次的な害があるので極力避ける。
二硫化炭素	蒸気を吸うと神経系統が侵される。		胃洗浄するか、吐剤を与えて吐かせる。保温し、換気のよいところで寝かせる。

ジメチル硫酸	皮膚・粘膜の炎症、壊死（えし)、致命的な肺障害を起こす。	無色、無臭で皮膚からの吸収が非常に早い。	

表３－７　薬品中毒の応急処置

原因 処置	**薬品を飲み込んだ場合** 専門医に連絡する。 吐かせる（酸やアルカリのような侵食性の薬品や、炭化水素液体を飲み込んだ時は吐かせない)。 牛乳、とき卵、水、茶、またはメリケン粉、デンプンなどの水懸濁液を飲ませる。 強　　酸：酸化マグネシウム、水酸化アルミニウム、牛乳などの水懸濁液を飲ませる。 強アルカリ：１～２％酢酸、レモンジュースなどを飲ませる。 水　　銀：水またはスキムミルクでといだ卵白を与える。 硝　酸　銀：食塩水を飲ませる。 メタノール：１～２％炭酸水素アンモニウム液で胃洗浄する。
原因 処置	**ガスを吸入した場合** 新鮮な空気中へ連れ出す。安静にし、保温する。場合によっては人工呼吸を行う。 シ　ア　ン：直ちに亜硝酸アミルを嗅がせる。 塩　　素：アルコールを嗅がせる。 臭　　素：薄いアンモニア液を嗅がせる。 ホ ス ゲ ン：酸素吸入をする。 アンモニア：酸素吸入をする。
原因 処置	**目に入った場合** 直ちに流水で15分間洗う。
原因 処置	**皮膚に付着した場合** フェノールやリンの場合を除いて大量の流水で皮膚を十分に洗う。 強　　酸：水洗後、飽和炭酸水素アンモニウム液で洗う。 強アルカリ：水洗後、２％酢酸で洗う。 フェノール：アルコールで擦り落とし、次いで石けんを使って水で洗う。 リ　　ン：水は使わない。１％硫酸銅水溶液で処理する。
原因 処置	**火傷をした場合** とにかく冷水（10～15℃）で30分間以上冷やす。

表３－８　特殊胃洗浄液

毒　　物	洗　　浄　　液
アルカロイド	0.02%過マンガン酸カリ水溶液
漂白剤（次亜塩素酸塩）	５％チオ硫酸ナトリウム水溶液
銅	１％フェロシアンカリ水溶液
鉄	10％重曹を加えた生理食塩液100mℓに５～10mℓのデフェロキサミンを加えたもの
フッ化物	５％乳酸ないし炭酸カルシウム水溶液、牛乳

ホルムアルデヒド	１％炭酸アンモニウム水溶液
ヨード	デンプン水溶液
フェノール、クレゾール	植物油（鉱物油はいけない）
リン	１％硫酸銅水溶液100mℓ、必ず排出させる
サリチル酸	10％重曹水溶液

その他、どのような場合にも、活性炭に水を加えてよく振ったものや微温湯を用いることができる。

(4) 発癌性物質（表３－９参照）

表３－９　発がん物質（医薬品を除く）

第１群（人間に対し発がん性のある物質）

塩化ビニル、クロムおよびある種の化合物、スス、タール、鉱物油、石綿、２－ナフチルアミン、４－ニトロビフェニル、ビス（クロロメチル）エーテル、ヒ素及びある種の化合物、４－ビフェニルアミン、ベンジジン、ベンジジントリクロリド、ベンゼン、硫化ジクロルエチル（マスタードガス、イペリット）

第２群Ａ（人間に対し発がん性があると考えられる物質）確度の高いもの

アクリロニトリル、アフラトキシン類、エチレンオキシド、o－トルイジン、ニッケル及びある種の化合物、ベリリウム及びある種の化合物、ベンゾ［a］ピレン、硫酸ジエチル、硫酸ジメチル

第２群Ｂ（人間に対し発がん性があると考えられる物質）確度の低いもの

アミトロール、エチレンチオウレア、エピクロロヒドリン、塩化ジメチルカルバモイル、オーラミン、カドミウム及びある種の化合物、クロロフェノール類、クロロホルム、酸化エチレン、四塩化炭素、1, 4－ジオキサン、3, 3－ジクロロベンジジン、 3, 3’－ジメトキシベンジジン、ダイレクトブラウン95、ダイレクトブラック38、ダイレクトブルー６、DDT、2, 3, 7, 8－テトラクロロベンゾ－p－ジオキシン（ダイオキシン）、塩化ビフェニル類（PCB）、ホルムアルデヒド

3.6　環境汚染物質

実験室内で安全に実験できたとしても、実験・実習から出てくる排出物を不注意に流し等にそのまま捨てると、水質汚濁などの環境汚染が発生することがある。実験により生じた排出物は原則として、すべて一時保存し、廃液の処理の方法にしたがってそれを処理することになっている。したがって、実験中に生じた廃液はポリ容器に入れておく。このようにすると、実験廃液による公害は発生しないことになる。

一方、環境汚染が起こらないようにするため、いくつかの法令がある。それによって環境汚染物質の排出が制限されている。米沢市の下水排除基準（米沢市下水道条例、昭和60年７月４日）を表３―１０に示す。

表３－１０　下水排除基準

対　象　物　質	排　出　制　限　値（mg/ℓ）
カドミウム、鉛及びその化合物、砒素及びその化合物	0.1
六価クロム、1,4―ジオキサン	0.5

シアン化合物、有機燐化合物、1,1―ジクロロエチレン	1
総水銀	0.005
アルキル水銀	検出されないこと
ポリ塩化ビフェニル（PCB）	0.003
四塩化炭素、1,3―ジクロロプロペン	0.02
1,2―ジクロロエタン	0.04
1,1,2―トリクロロエタン、チウラム	0.06
テトラクロロエチレン、ベンゼン	0.1
ジクロロメタン、チオベンカルブ	0.2
トリクロロエチレン	0.3
シス―1,2―ジクロロエチレン	0.4
1,1,1―トリクロロエタン	3
セレン及びその化合物	0.1
ほう素及びその化合物	10
ふつ素及びその化合物	8
フェノール類、マンガン及びその化合物(溶解性)	5
銅及びその化合物	1
亜鉛及びその化合物、クロム及びその化合物	2
鉄及びその化合物(溶解性)	10
ダイオキシン類	10ピコグラム
温　度	45℃
アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素含有量	380
水素イオン濃度	5～9
生物化学的酸素要求量	5日間に600
浮遊物質量	600
ノルマルヘキサン抽出物質含有量　　鉱油類含有量	5
〃　　動植物油脂類含有量	30
沃素消費量	220
シマジン	0.03

3.7　危険の想定・事故例

このように、実験では常に災害を予想しなくてはならない。そして、その対策を立てると共に、事故が起こらないようにたえず注意することが大切である。次のような事故は、起こってはならないと気を配って実験する必要がある。

・火災　　・爆発　　・中毒　　・火傷　　・外傷

いま行っている操作が、もしかしたら上記の危険につながるかもしれない。いま、どのような注意が必要か考えながら実験を進めよう。このことを忘れると、次のような実例と同じようになるかも知れない。

事故例１（爆発）

有機過酸化物を真空容器中で加熱乾燥中爆発し、近くの有機溶媒に引火して火災になった。

事故例２（引火）

エチルエーテルを石油缶から小出し中、２メートル離れたバーナーから引火し火災になった。

事故例３（突沸）

トルエンを蒸留中、忘れていた沸石を加えたら、突沸し、引火して火災になった。（沸石を忘れたら、一度冷やしてからいれよ。熱いうちに入れると突沸する。）

事故例４（実験台上の整理）

実験台に置いていたエタノールの瓶が、電源コードを引っ張った時に、コードにひっかかり下に落ちて破損した。近くにガスストーブがあったので引火して火災になった。

事故例５（高圧反応器）

オートクレーブを用いて反応中、急激な反応の進行により爆発、オートクレーブは破損し、衝撃で実験室の窓ガラスが吹き飛んだ。（高圧反応容器を用いる場合にはその使用法、故障箇所および反応の特性をよく調べておかないと重大事故につながる。）

事故例６（減圧実験）

傷のついたフラスコに溶液を入れて、エバポレーターを用いて減圧下濃縮中、フラスコが破裂し、内容物を観察していた顔に加熱した溶液が飛び散った。

事故例７（ガラス器具）

ゴム栓に穴をあけ、ガラス管を差し込もうとしたところ、ガラス管が折れ手に突き刺さった。外科手術を受けた。（ゴム栓よりも遠い部分を握って差し込もうとしたことが原因）

事故例８（基本操作）

分液ロートを用いて抽出を行おうとしたが、ガス抜きをしなかったため、コックを開けたとたん内容物が噴出し、近くにいた人にかかった。

事故例９（劇物）

アルカリを用いた実験を行った後、手にぬめりを感じたがそのまま放置したため、手の皮が溶けて剥けてきた。

事故例10（毒物）

シアン化カリウムを使った時、それが少し手に着いていたのに気づかずにいた。お茶をいれて飲んだところ、30秒程したら目がくらんで真っ暗になった。直ちに病院に運ばれ、胃洗浄を受けて助かった。

[参考文献]

１．山形大学編：毒物及び劇物取扱いの手引（1999）
２．山形大学医学部附属病院編：毒・劇・薬物中毒診療マニュアル（1999）
３．化学同人編集部編：実験を安全に行うために、化学同人（1993）
４．日本化学会編：化学実験の安全指針第４版、丸善（1999）
５．山形大学安全管理委員会編：安全への手引（2001）
６．北海道大学安全・防災委員会編：安全の手引（2004）
７．東京工業大学総合安全管理センター編：健康・安全手帳（2004）
８．日本化学会編：化学安全ノート、丸善（2002）
９．厚生労働省安全衛生部労働衛生課編：新 / 衛生管理（上・下）＜第1種用＞、中央労働災害防止協会発行（2002）

3.8 オートクレーブの安全な取扱い方

有機合成化学や医学、生物学の研究において、オートクレーブを使用することがあるが、この作業は高圧、高熱の作業となるので危険が伴う。作業を行う場合、オートクレーブを使用する作業の危険性を充分に認識して取り掛かる事が大切である。

(1) 小型のオートクレーブの取扱い方

合成反応器として利用される小型のオートクレーブは、ステンレス製の高圧容器(本体)と、圧力計、高圧弁、安全弁、撹拌機、ヒーター、温度計などの附属部品から成り立っている。高圧実験は非常に危険なので、オートクレーブの各部品の構造、機能、性質、取扱書などを充分に理解した上で慎重に行わなければならない。学生が用いる場合には管理責任者の下で作業を行うこと。

(a) 本体に刻印されている耐圧試験圧力、常用圧力、最高使用温度を確認し、その範囲内の条件で使用する
(b) オートクレーブを操作する時には、指定の場所で行うこと
(c) 説明書は充分に読んでから作業を始める事
(d) 容器の内容積の１/３以上の原料溶液を仕込んではいけない
(e) 温度計が正常に作動する事をはじめに確認した後、確実にオートクレーブの温度計設置場所に設置する事
(f) 容器およびパッキンに傷がない事を確認すること。容器の内部およびパッキンはいつも清潔に保つ
(g) フランジ式の蓋をしめるときはボルトは対角線上にあるものを１対とし、順次に均等な力でしめるようにする(偏ったしめ方は危険)
(h) 圧力、温度の点検はきちんと行うが、その他は反応中は出来るだけ近づかない
(i) 反応終了後、蓋を開ける際に容器内の温度が室温、圧力が大気圧まで下がっていることを確認してからあけること

(2) 滅菌用大型オートクレーブの使用

医学、生物学の研究において器具の滅菌を目的として大型のオートクレーブを使用するが、基本的に高温、高圧条件で作業を行っているので危険が伴う事を理解して作業を行うこと。学生や不慣れな職員が使用する際は必ず管理責任者の指導のもとで使用すること。

(a) オートクレーブを使用する際は、決められた場所で作業する事
(b) 使用する前に利用マニュアルを必ず読むこと
(c) 容器の内部とパッキンが清潔であることを確認して作業を行うこと
(d) 容器内の水量を確認し、決して空だきをしないこと
(e) 間違いが発生しやすい操作は、排気ボタン・バルブの開閉である。その確認が重要である。
(f) 運転後には必ず温度・圧力の確認を行うこと
(g) 排気時に、高温の水蒸気を発生する危険性があるので、使用後は温度が室温まで下がっており、圧力が大気圧まで下がっていることを確認してからふたを開けること。また、滅菌した物はまだ高温のままであるので、耐熱手袋などを用いて火傷をしないように取り扱う事

[参考文献]

１．大阪府立大学工学研究科　実験・実習における安全のためのてびき（2005）
２．北海道大学大学院地球環境科学研究科安全管理委員改編　安全マニュアル（2002）

４．機械実験における安全指針

4.1　機械作業の一般的安全心得 ····· 41

4.2　工作物、用具及び刃物の取扱い ····· 43

4.3　物の取扱い、運搬時の事故 ····· 46

4.4　運搬作業の安全 ····· 46

4.5　高所での作業と実験の安全 ····· 48

4．　機械実験における安全指針

工具や工作機械の取扱いによって起きる事故は、作業者のささいな不注意や、整理整頓の不備などの人的要因による場合が多い。工作機械や工具を使用する際には、取り扱い上の注意事項をよく守り、正しい使い方をするとともに、予想される危険とその防止に十分な注意を払うことが肝要である。

工作機械の使用時には、

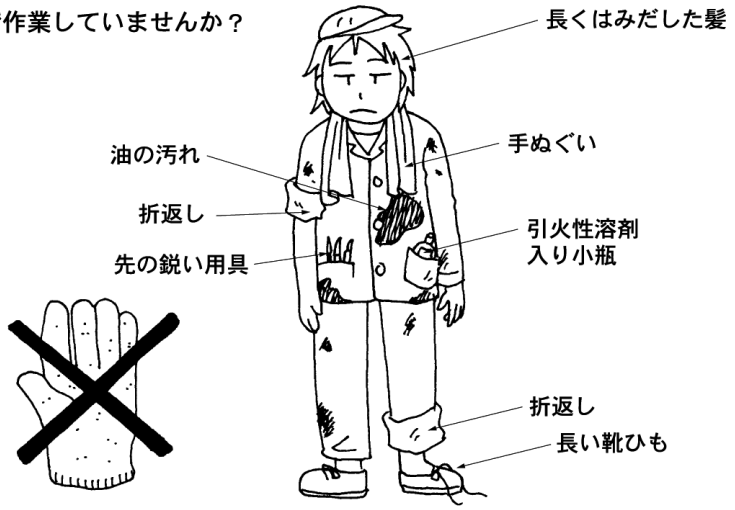
(a)　回転部に触れる。駆動部などに挟まれる。

(b)　飛散する切り屑などによるケガ。

(c)　バイトやミル、工作物の破損飛散によるケガ。

などが起きる。いずれの機械・工具についても、正しい用途と使用方法を厳守する必要があり、予め、熟練者の指導を受け、使用方法に習熟しておくことが望ましい。溶接（電気・ガス）などの特殊技術を要する作業は、有資格者の指導のもとに行うこと。うろ覚えの操作はしない。また、誤った使い方による材料や工具の破損は思わぬケガを招くことになる。

4.1　機械作業の一般的安全心得



(1) 服　　装

作業時の服装の基本は、切り屑などによるケガや火傷から身を守り、回転物などに衣服や頭髪などが巻き込まれないようにすることである。

そのためには、

(a)　白衣のように機械に巻き込まれる危険のある着衣は避け、身体にぴったり合った作業服を正しく着用する。

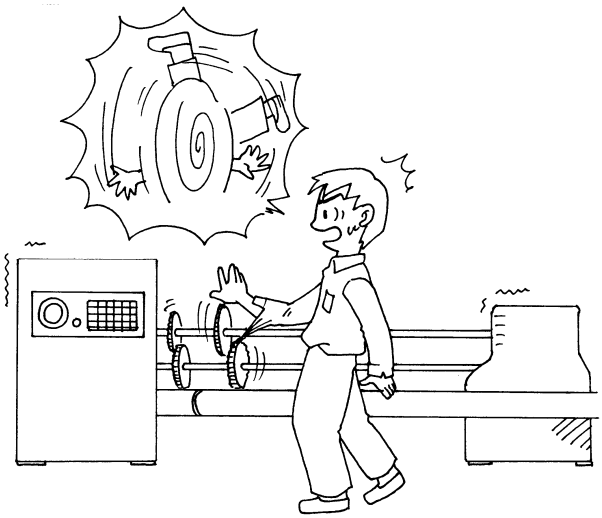
(b) スリッパやサンダルなどは切り屑や材料でケガをする危険があるので、必ず運動靴などを着用する。必要なら作業帽を着用する。

(c)　ネクタイ、ネッカチーフ、マフラーなどは外しておく。

(d)　回転や高速往復運転をする機械では、手袋を使用しない。特に低速回転の場合が危険である。

(e)　必要に応じて、保護メガネ、その他の保護具を着用する。

(f)　体調がすぐれない場合や、考え事をしながらの作業は慎む。



(2) 工作機械の運転時の注意・点検事項

[起動前]

(a) 機械は使用前に取扱説明書に従って必ず点検する（各部の緩み、がた、安全装置などの故障の有無を、点検項目ごとに“指差し確認”をする)。

(b) 機械への給油は必ず使用前に行う。

(c) 工作物の形状、種類などによる危険の可能性に注意する（機器のチャックにきちんと固定されるか、回転時に不安定な形状ではないか、など)。

(d) 機械に故障や不具合が認められた時は、直ちに管理者に連絡する。

(e) 工作物は機械の所定の位置に冶具を用いて確実に固定する。特に工作物を回転させて加工する場合には、回転時のバランスなどにも十分注意する。

(f) 周囲の安全確認を行う。

[運転開始および作業中]

(a) 電源を入れる時は、必ず機械の運転スイッチがOFFになっていることを確認してから行う。

(b) 運転スイッチを入れる時、クラッチのある装置では必ずクラッチを切っておく。

(c) 運転スイッチを入れる時、周辺に人がいないことを確認する。人がいる場合は合図する。

(d) 運転中はみだりに機械のそばを離れない。作業途中で機械から離れる際には、必ず機械を止める。

(e) 馴らし運転を除き、空転したままにしない。

(f) 作業中、機械にもたれかからない。回転あるいは移動している工具や工作物に手を触れない。

(g) 加工物や刃物の回転中は測定しない。

(h) 細かい切り粉、切り屑が飛散するときは、必ず保護眼鏡を使用する。

(i) 切り屑などの処理は、必ずブラシなどの用具を使用し、決して手で直接行わない。

(j) 故障やその他の原因で、突然機械が停止した際には、必ず電源の元スイッチを切ってから十分注意して点検を行う。

(k) 異常振動や異常音に注意し、発生した際には直ちに停止して原因を調べる。

[作業後]

(a) 電源を切った後でも、チャックやホルダーを手や工具などを用いて強制的に制動して止めてはいけない。

(b) 機器の停止を確認してから工作物を取り外す。

(c) 電源の元スイッチが、OFFであることを確認する。

(3) 安全装置、清掃、停電および機械の故障

安全装置には、切り屑の飛散を防止したり、駆動部を遮蔽するための保護カバーや不注意な操作ミス

を防ぐための二重スイッチなどがある。危険な機械類には二重以上の安全装置を施すことが望ましい。また、安全装置を故意に解除したり、安全装置の故障時に運転してはならない。

(a) 停電時や機械の点検中などに、誤って起動することのないよう電源スイッチを切り表示しておく。

(b) 機械が故障の時は、まず機械の電源スイッチを切り、回転や送りのクラッチレバーを中立にしてから点検する。処理後は機械の運転スイッチは寸動で入れる。

(c) 歯車やベルト車のカバーは、必ずつけておく。

(d) 運転中は、機械の清掃はしない。清掃には工具を使わず、箒を使う。

(e) 冷凍機器、保温装置など、冷却水や電気、ガスなどを使用して無人長時間運転を行う機器については、停電、断水、ガス漏れなどによる事故を未然に防ぐ配慮が必要である。

4.2 工作物、用具及び刃物の取扱い

工作機械類に共通する注意事項として、

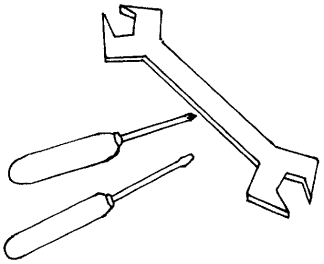
(a) 刃物を機械に脱着する場合は、必ず機械を停止した状態で行う。

(b) 工作物の取り付け、取り外しを行う場合は、刃物やその他、周辺に気を配る。

(c) 工作物の取り付け、締め付けおよび置き方は安全確実に行う。

(d) 重量物、複雑な形状物、薄い物、壊れやすい物は、段取りを十分考えて道具を準備する。

(e) 締め付け工具（スパナなど）は必ず付属のものを用いる。なお、使用したチャックハンドルは、使用後必ず抜き取っておく。



次に、工作機械別の使用時の注意事項を列記する。

(1) 穴開け作業（ボール盤）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
起動時に、チャックハンドルが飛ばされる。	起動前に、チャックハンドルが取り外されていることを確認する。
被削材が回転で飛ばされる。	工作物の固定には、必ず所定の冶具を用いる。小物の加工時などに、手で保持しない。
被削材にドリルが食い込み、手などが巻き込まれる。	良く切れるドリルを使用する。また、薄い材料や、ドリルが貫通するときには食い込みやすいので、ハンドルをゆっくり押し下げるなどの注意が必要である。
回転中の刃に接触する。	回転中の軸、ドリルなどに手を触れない。ドリルや加工物の脱着は回転が完全に停止してから行う。

(2) 旋削作業（旋盤）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
回転中の工作物に接触する。	取り付け用ハンドルや工具の取り外しを確認してからスイッチを入れる。また、工作物の寸法測定やバイトの掃除は必ず機械を停止して行う。
工作物やバイトなどが外れて飛んでくる。	工作物は、治具を用いてチャックに確実に固定する。また、回転時のバランスを十分考慮する。
工作物やバイトが破損し、飛散する。	目的に適した良く切れるバイトを用いる。また、取り付け時には、回転軸とバイト刃先の位置関係に十分注意して、しっかりと固定する。無理な切り込み、送り、切削速度を与えない。
回転物に衣類などが巻き込まれる。	服装に関する注意（Ⅱ.2 2.1 (1)）参照

(3) ミーリング作業（フライス盤）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
工作物やミルなどが外れ、飛び出す。	工作物の確実な固定とハンドルなどの位置の安全に注意する。
回転中のミルに触れる。	切削中は削り屑を払ったり、仕上げ面を調べたりしない。
工作物やミルが破損し、飛散する。	無理な切り込み、送り、切削速度を与えない。ミルの回転方向や送り方向に注意する。

(4) 研削作業（グラインダー）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
高温の切削屑が飛散する。衣類などが巻き込まれる。	正しい服装に心掛ける。保護メガネ及び保護具を着用する。
砥石の破損により破片が飛散する。	使用前に砥石の割れ、固定ボルトの緩み、回転時の異常音、異常振動がないかを確認する。砥石が破損することがあるので、砥石の側面を使用しない。
被削物の破損により破片が飛散する。	回転する砥石の回転面内に体が入らない位置で作業する。受け台と砥石の間隔は２～３㎜に調節する。間隔を広くすると、被削物や手などが巻き込まれる。小物などを研磨する際には、プライヤーやペンチなどで保持する。特に、金属を研磨する時は、非常に高温になる場合があるので、直接手で持たない。

(5) シェーパー作業（形削り盤）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
バイトや工作物の破損により破片が飛散する（特に起動時に多い）。	工作物は確実に固定する。無理な切り込み、送り、切削速度を与えない。工作物の位置合わせなどの際には、バイトが駆動する軸線上に頭や手、あるいは物などを置かない。

(6) 円形切断作業（丸鋸盤）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
起動時の衣類、手などの巻き込み。	スイッチの入切時には、手（指先）や工作物の位置に十分注意する。材料の種類に合った適切な鋸歯を用いる。
切断中に手、指などが鋸歯に接触する。	材料を送る際には冶具やガイドを用い、また、回転する鋸歯の同一線上には決して手を置かない。
切断終了時、または停止時の巻き込み。	回転する歯の近くで材料の切り屑を払ったり、手を動かさない（事故のほとんどが材料切断直後のこのような動作に起因している）。

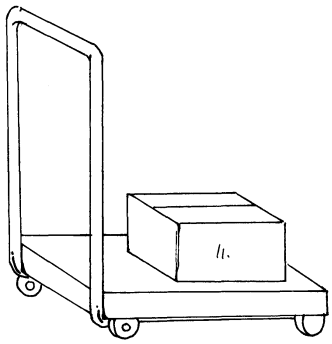
(7) 板金作業（プレス機）

事 故 の 要 因	注 意 事 項
板の曲げを行った時の工作物の飛び。	事前に荷重の掛け方に注意・工夫する。工作物を手で保持しない。

[参考文献]

1．北海道大学安全・防災委員会：安全の手引（2004）
2．筑波大学：安全のための手引（1998）
3．工業技術養成研究会編：基礎機械研修シリーズ・３「機械工作法」、誠文堂新光社（1966）
4．工作機械の一般的知識については、日本機械学会編：機械工学便覧Ｂ２「加工学、加工機械」（1984）

4.3　物の取扱い、運搬時の事故



実験室、研究室では物を移動したり上げ下ろしすることが多い。物の取扱い、運搬過程で発生する災害の頻度は高く、その主な原因は次のようなことによる。

(a)　運搬作業では、人間が物に接触しながら作業しているため、ちょっとした誤りで障害が起きる。

(b)　物の形、大きさ、重さが千差万別であり、いずれにも対応できるよう熟練することが難しい。

(c)　共同で取扱い、運搬する時、呼吸が合わなかったり重さに耐えられないことがある。

(d)　手押しカート、手動運搬車など（台車）を十分利用しないで、無理をすることが多い。

事故が起きる可能性は、物の取扱い量、運搬の「距離」と「時間」に比例して大きくなる。

(e)　作業にふさわしい服装をしていても、安全帽（ヘルメット）や安全靴を着用していない。

4.4　運搬作業の安全

(1)　作業のための準備

作業に先立ち、運搬物の寸法、重量、形状、持ち易さ等を調べ、更に運搬通路の状況などを調べておくのが基本である。

(a)　運搬用の通路、廊下、研究室、実験室などをよく整頓し、不要物を片付け、安全な通路と作業のためのスペースを十分確保する。

(b)　段差など運搬作業に支障となるおそれのある場所を事前に確認し、また、小さな階段あるいは急な段差は、５～８％のスロープの小さな角度をもったスロープに置き換える。

(c)　作業に必要な道具類を事前に準備し、使用に耐えるかどうかについても確かめておく。

(d)　作業にふさわしい服装をして、安全帽や安全靴を着用する。

(2)　運搬作業

(a)　人力運搬作業

①分割可能な重量物は分割して運ぶこと。容器あるいはトレーに分けて運搬するのも良い。

②もち手が滑り易い物には、取っ手をつける等の工夫をする。

③転倒の可能性のある重量物の場合は、上部に数本のロープを付け数人で転倒防止をするなど、細心の注意をはらう。

④身体を曲げたりねじったりする作業をなくす。

⑤運搬中は、運搬物をからだの近くに保持する。

⑥ねじったり、前に深くかがむことなく、ひざを曲げ、腰を下ろして、体の前方でゆっくりと資材を上げ下げする。

⑦傾斜のある場所での運搬作業は、最低２名以上で行う。

(b)　機械類を用いた運搬作業

①台車（手押しカート、ワゴン、可動ラック）などによる運搬

注意が荷にばかり集中しがちであるが、周囲、特に歩行者に十分な注意を払う。

②電動車による運搬

ボンベなどの重量物の階段や車からの積み降ろしでは、電動運搬車を利用すると便利で安全である。

電動運搬車は１人でも操作できるが、安全のために２人以上で使用するのが望ましい。

③自動車による運搬

自家用車は、研究や教育上での運搬には原則として用いない。やむを得ず使用する場合は、次の点について留意する。

・２人以上で乗車するのが望ましい。
・積荷はできるだけ低く積む。片積みにならないように注意する。
・重いものを先に積み、軽いものは後から積む。積み過ぎをしない。
・危険物や長尺物の運搬には、危険表示をする。
・確認が必要な時は、見張りまたは合図する者を置く。

(3) 荷揚げ作業

クレーン、チェーンブロックなど手動もしくは電気的運搬手段によって重量物を上げ下ろし、または移動させる場合には次の注意を守る。

(a) 揚荷物が使用する設備の揚重範囲内にあるか確認する。
(b) 揚重方法、吊り具について事前に十分検討する。
(c) 作業に関しては、責任者の指示に従って行動し、合図などを徹底する。
(d) 上げ下ろし、移動中は揚荷物の下またはその付近から十分離れる。

(4) 特定の免許、資格などを要する作業

危険のおそれの多い次の作業は、それぞれについて定められている特定の免許、資格などを有する者以外は行なってない（クレーン則など）。

(a) 吊り上げ荷重が５トン以上のクレーン、移動式クレーン、その他の揚荷装置の運転。
(b) 制限荷重が１トン以上の揚荷装置、また吊り上げ荷重が１トン以上のクレーン、移動式クレーンの玉掛け作業。
(c) 吊り上げ荷重が１トン未満でも、クレーン、移動式クレーンまたはデリックの玉掛け作業を行うには、労働安全衛生規則で定められた教育訓練を受けなければならない。
(d) 最大荷重が１トン以上のフォークリフトなどの運転。
(e) 車両系建設機械（整地、運搬、積み込み用など）で機体重量が３トン以上のものの運転。

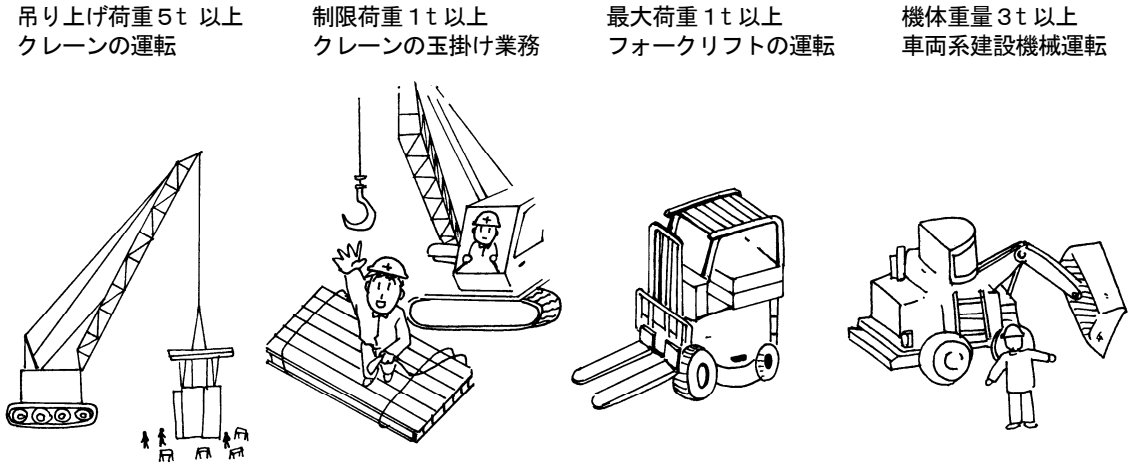


図４－１　免許・資格を要する作業

(5) 足の保護

物の取扱い、運搬作業時の事故は、その70%が直接あるいは間接的に足部の不安定、バランスが損なわれることによる作業姿勢の崩れによる。したがって、足部を安定化することがきわめて大切で、作業条件に適合した履物を着用する。

作業条件に応じた安全な履物としては、次の要件を備えることが必要である。

(a) 落下物に対する足部の保護ができる。

(b) 作業中に滑りにくい。

(c) 釘などの踏抜きに対する足の保護ができる。

4.5 高所での作業と実験の安全

(1) 高所からの墜落

墜落事故は、①滑る・つまずく、②踏み外す、③足元が崩れる・動く、④自分の動作の反動で体がのめる、などが原因で起きる。あまり高くない所での軽微な作業ほど事故の発生が多く、「これくらいの高さ」と油断することが原因となる場合が多い。なお、法律では、２m以上の高所で作業する場合は、作業床の設置など何らかの墜落防止措置を講ずるように定められている（労働安全規則)。また、血圧その他、身体に故障のある者は高所での作業を行わない。

やむを得ず高所での作業、実験を行う場合は次の注意を守る。

(a) 足場、墜落防止柵、照明、作業環境等を作業前に十分点検する。

(b) 必ず監視者を置く。

(c) 滑りやすい履物は使用しない。

(d) 無理な姿勢での作業は避ける。

(e) 安全帽（ヘルメット）を必ず着用する。その際、あご紐をきちんと結んで使用する。

(f) 安全帯（命綱）をできるだけ着用すること。安全帯には、強度が十分で検査に合格したものを使用する。安全帯は腰より高い位置に着用する。

(g) 足場上で長時間、かがみ込んで作業する際は急に立ち上がらない（貧血でふらつく)。

(h) 墜落した場合、安全帯をつなぎ止めるロープが長すぎると腹部へのショックが大きくなり内臓破裂で死亡する恐れがある。ロープの長さは1.5m以内とする。

(i) 梯子

①梯子は、丈夫で適当な長さのものを用いる。梯子をかける時は、足場が堅固な場所を選び、開き戸の前や通路で人の通る可能性のある場所は避け、下には監視者を置く。梯子の傾きは壁に対して15°位が適当である。

②梯子は濡れたり、油が付着しているなどの滑りやすい状態で使用してはならない。

③昇降は、必ず一人で行い、手に荷物を持たない。

(j) 剪定作業

①樹木上の作業における安全対策は、樹木の種類ごとに対策が違ってくることもあり、一律にいかないところもあるが、樹木上の特定の箇所に位置して剪定作業を行う場合は、安全帯を使用する。

②高所作業車の使用が可能な場合は、それを使用する。

③樹木の強度・性質に応じた個別具体的高所作業の安全対策マニュアルをあらかじめ作成しておくことが望ましい。

④安全帽の着用を励行するほか、作業者の安全意識の向上を目的とした安全衛生教育を継続的に実施する。

(2) 落下物による事故の防止

落下物で多いのは、工具類、測定装置及びその付属器具類で、事故のほとんどは作業者、実験者の不注意により起きている。したがって、高所での作業者が十分に注意するのが第一であるが、さらに次の注意を守ることが大切である。

(a) 高所作業者は、工具や器材が誤って落下しないように、それらをロープや紐でしっかり結び、他の一端を自分のベルトあるいは付近のステー等に固定する。紐で結べない工具等は大きめな工

具袋に入れておく。

(b)　下で作業する者は、必ず安全帽（ヘルメット）を着用する。

(c)　高所作業者の下側に入らないようにする。

(d)　どうしても高所作業者の下方で作業するときは、高所作業者に声をかけて注意を喚起する。

(3) 安 全 帽

２～３ｍの高所で作業・実験中、あるいは搭載物を取扱い中、作業者自身がそこから不自然な姿勢のまま墜落したときに頭部への大きな衝撃を防ぐため、安全帽が使用される。安全帽を着用することにより、頭部に受ける衝撃を1/10以下まで軽減できる。

図４－２に示すように、安全帽は帽体、ハンモック、ヘッドバンド、環ひも、衝撃吸収ライナー、あごひも、つば、ひさしからなっている。

安全帽の種類は、大別すると次の４種類となる。

(a)　物体の飛来または落下による危険を防止する。

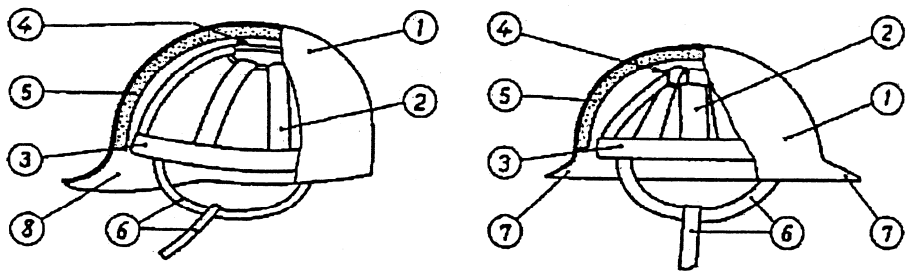
(b)　墜落による危険を防止する。

(c)　活線作業などで頭部感電を防止する。

なお、活線作業に使用する安全帽（電気帽）については、使用者による６ケ月毎の耐電圧性能検査が必要である。

(d)　交通事故などのときの頭部に加わる衝撃を緩和する。

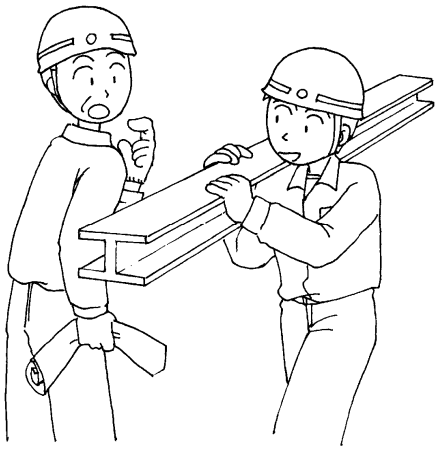
高所作業では、墜落による危険を防止するため硬質ライナーを内張りした安全帽（JISB種）を用いる。墜落により頭部に衝撃を受ける場合は、ハンモック形の一般作業用安全帽や従来からある柔らかいスポンジ状のライナーを用いた安全帽は不適当である。



番号	名　　称		備　　考
①	帽体		頭部を覆う、硬いかく（殻）体
②	着装体	ハンモック	保護帽を頭部に保持し、当たりを良くして衝撃を緩和する部品
③		ヘッドバンド	
④		環ひも	
⑤	衝撃吸収ライナー		発泡スチロール製等の衝撃を吸収するための部品 （梱包材料ではありません）
⑥	あごひも		保護帽が脱落するのを防止するための部品
⑦	つば		
⑧	ひさし		

図４－２　安全帽の構造

[安全帽の着用方法]



ア．作業に適した種類の安全帽を使用する。

イ．一度でも大きな衝撃を受けたものは使用しない。

ウ．ヘッドバンドは頭の大きさに合わせて調節する。

エ．安全帽はまっすぐに深く被り、うしろへ傾けて被らない。

オ．あごひもはきちんと締め、着用中は緩めたり外したりしない。

安全帽は使用することによって性能が低下するので、使用期間の長いものは新しいものに交換する。目安として熱可塑性のABS、PC（ポリカーボネート）製のものは約２年、熱硬化性樹脂のFRP製のものは約３年が耐用年数である。

[参考文献]

１．北海道大学安全・防災委員会：安全の手引（2004）

２．日本工業規格：産業用安全帽（JIST8131）、日本規格協会（1991）

３．国際労働事務局（ILO）編集：人間工学チェックポイント、労働科学研究所出版部（1998）

５．電気実験における安全指針

5.1　電気災害とその防止法 ····· 51
(1) 感　　電 ····· 51
(2) 電気に起因する災害 ····· 53
(3) 電磁波やレーザーの使用、電気工事等への注意 ···· 54

5.2　配線に伴う基礎知識 ····· 54
(1) アース（接地） ····· 54
(2) ヒューズおよびブレーカー ····· 55
(3) 電線、コード、ケーブル ····· 55
(4) 実験室における配線 ····· 56

5　電気実験における安全指針

今日の大学では、電気に接する機会は非常に多く、ひとたびその取扱いを誤れば、感電や漏電、あるいは、火災、爆発などの電気災害に遭遇することになる。特に、実験室では、実験者自身が電気の配線、電気機器の製作、あるいは修理に関わることが多い。実験者は、単に指導教官の指示に従えば安全というものではなく、電気に関する基礎知識を自身で身につけ、電気使用のルールを正しく理解しておくことが必要である。この章では、実験室で起こりやすい電気災害の防止法および電気を安全に使用するために必要な基礎知識について述べる。

5.1　電気災害とその防止法

(1) 感　　電

(a)　人体への影響

感電は、電気機器や配線の通電部分との接触や帯電部への接近によって、人体を通して大地または配線間に電流が流れることによって生ずる。感電の人体への影響は、電源の種類、通電経路、通電時間などによって異なり、また、人体に流れる電流値にも大きく左右される。通電経路が、手から手または手から足への場合について、商用交流電源による感電の人体への影響を表５－１に示す。

電流値（mA）×時間（s）の値が30以上になると、致命的障害を受けると言われている。感電によって生じた心臓障害が自然に回復することは稀であり、感電の予防こそが絶対的に重要となる。

表５－１　電流値の人体への影響

電流値(mA)	人 体 へ の 影 響
1	ビリッと感じる（最小感知電流）
5	かなりの苦痛（苦痛電流）
10	耐え難い苦痛
20	筋肉の痙攣と神経の麻痺、離脱不能（フリージング電流）
50	呼吸困難、相当危険
100	心臓の障害、呼吸停止（致命的電流）

・直流は交流より刺激が少ないために約５倍まで感知できない。

・高周波では刺激が減少する。

人体を流れる電流値を厳密に把握するのは難しいので、電圧と人体抵抗の関係として１例をあげる。

[例]　100Ｖの電線に手が触れた場合（大地との電位差 100Ｖ）

皮膚の抵抗（乾燥時）　：５　kΩ
皮膚の抵抗（湿潤時）　：２　kΩ
体内抵抗　　：0.3 kΩ
足と履物との間の抵抗　：1.5 kΩ
履物と地面との抵抗　　：0.7 kΩ

従って、人体に流れる電流は、皮膚の乾燥時で約13mA、湿潤時で約22mAの電流が流れることになり、湿潤時には自力で離脱することが不可能になる危険性がある。電圧の高さによる感電の人体への

表５－２　電圧の高さと人体への影響

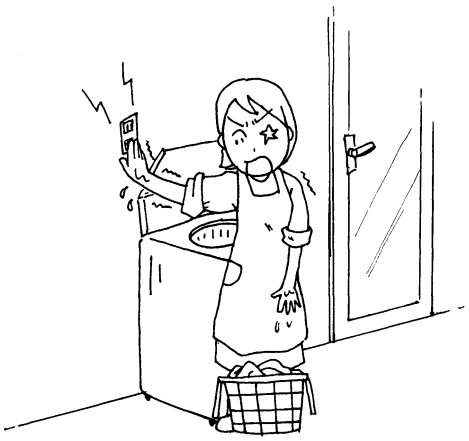
電圧値（V）	人 体 へ の 影 響
10	全身が水中にある時は危険（電位傾度10V/mが安全限界）
20	濡れた手で安全な限界
30	乾いた手で安全な限界
50	生命に危険のない限界
100～200	危険度が急激に増大
200以上	生命に危険
～3,000	荷電部に引き付けられる
10,000以上	跳ね飛ばされ、稀に助かることがある

影響を表５－２に示す。

高電圧への接近も誘導電流による影響があり危険である。接近し得る最小距離は、６kV以下で約15cm、30kVで約40cm、100kVで約120cmである。安全のためには、さらにこの距離の２倍以上離れることが望ましい。

(b)　感電防止法

感電事故を起こさないための一般的な注意を以下に示す。



①濡れた手で電気器具に触れない。

②プラグやテーブルタップのプラスチックの部分が破損していて通電部が露出しているものは、速やかに取り替える。

③電気機器のアースを、完全かつ正しくとる。特に、水の近くで使用する電気器具や本体が金属の電気器具（電動機、冷蔵庫、洗濯機など）では重要である。

④水漏れなどの可能性のある実験室では、コードコネクタやテーブルタップを床に置かないようにする。

⑤電気機器のゴミや油を清掃し、漏洩電流が流れないようにする。

⑥コンデンサーは電源を切っても高電圧を保持している場合があるので、回路内に触れるときには、スイッチを切った後、コンデンサーが完全に放電していることを確かめてから行う。

⑦高電圧や大電流の通電部に接触しないように絶縁物で遮蔽する。また、危険区域を指定し、立ち入らないように柵などを設け、危険表示（回転灯や表示板）を目のつきやすい場所に設置する。

⑧高電圧は接触しなくても接近すると放電により感電する恐れがある。接近し得る最小距離を(a)で記述したが、実際にはそれ以上の距離を保つ事が望ましく、2.5kVでは30cm以上、50kVでは１m以上離れるようにする。

⑨高圧部分の検査や修理を安易に行うべきではない。どうしても必要な場合には、機器に対する十分な予備知識をもって行う。その際は、ゴム靴、ゴム手袋などの防護具を着用し、身体の絶縁に十分気を配る。周囲から湿気をなくしたり、機器の下にゴムを敷くことも有効である。

⑩高電圧、大電流を伴う実験は単独で行わず、なるべく複数で行い、「高圧危険」などの表示をして不用意に人が近づかないようにする。

(c)　感電事故への対応

まず、迅速に電源を切ってすぐ電流を止める。電流が遮断できないときは、感電者の身体を乾いた

棒で払いのけるか、乾いた布、衣服などを手に厚く巻き付け、感電者の衣服をつかんで引き離す。その後の救急処置については「Ⅰ.3　ケガや急病の応急処置」を参照すること。

(2) 電気に起因する災害

感電などの直接的な災害のほかに、電気に起因する災害として火災と爆発が挙げられる。この主な原因は、漏電、過熱、電気火花の発生である。

(a) 漏　　電

電気機器や電気設備は古くなると、摩耗や損傷によって絶縁性が次第に低下し漏電を起こす。また、機器内部のほこりや湿気などによっても漏電が起こる。漏電によって流れた電流はジュール熱となって可燃性物質に着火し、ついには火災に発展する。漏電が起きると感電事故も起こりやすい。漏電防止のためには次の点に注意する。

①ＡＣプラグのネジの緩み、コードの折れ曲がり部分の損傷などでショートする場合が多い。時々点検する習慣をつける。

②水気や湿気のある場所で使用する電気機器や電源には、アースの他に漏電遮断器（検出電流30mA以下、動作時間30ms以下）を取り付ける。

③腐食性ガスの発生しやすい所にはできるだけ電気機器を設置しない。

④電気機器・設備の絶縁試験を定期的に行い、異常の早期発見に努める。

⑤電気機器、特にその電源部にゴミやほこりが溜まらないように適宜点検整備する。

(b) 過　　熱

過熱には、発熱体による過熱のほかに、電気機器および電線に対する過負荷による過熱および電線接続部の接触不良による過熱がある。過熱の防止には、次の点に注意する。

①過熱により火災を起こしやすいのは、電気コンロ、電気ストーブ、電気ヒーター、半田ゴテなどの電熱器である。特に発熱部分がむき出しの電熱器は危険である。このような機器の使用には必ず誰かがそばについていること及び人が離れるときは、必ずスイッチを切ることが大切である。

②コンセントやプラグのネジの緩み、コードの損傷などを適宜点検し、必要に応じて新しい器具に取り換える。上記の電熱器類や大容量の電気機器（600W以上）では、コンセントやプラグの接触不良やコードの損傷によって過熱を起こしやすい。

③高温の電気炉を無人で長時間使用する場合には、炉の周囲に燃えやすいものを置かないよう十分に注意することが必要である。また、電気炉のターミナル部分は高温のため劣化しやすいので時々点検する必要がある。

④配線やコンセントの過熱は定格以上の電流を流したときに起こるので、コードやコンセント、テーブルタップなどの電流容量を越えない電流値で使用する。

⑤タコ足配線をしない。

⑥電工ドラムは、すべてのコードを引き出して使用する。

(c) 電気火花

可燃性ガスが爆発限界の範囲にある時に電気火花が発生すると、爆発や火災を引き起こす。従って、実験や作業内容によってはスイッチの開閉、電線のショート、静電気による電気花火（スパーク）の発生などに注意を要する。

電気火花による災害の防止には、次の点に注意する。

①引火性や可燃性物質を機器のスイッチ部や電熱器類のそばに置かない。

②可燃性ガスが充満しないようにする。やむを得ずガスを使用する実験や作業では、防爆構造の機器を使用する。

③プラスチックなど絶縁性の高い物質は静電気が蓄積されやすいので、導体化や接地によって電荷を逃がすようにする。また、漏れ抵抗が$10^6\Omega$以上の機器や床は静電気が溜まりやすいので注意する。
なお、電気火災が発生した時は、まず、電源を遮断してから消火活動を始める。やむを得ず通電した状態で消火活動をする時は、水を用いると感電する恐れがあるので粉末消火器を用いるようにする。

(3) 電磁波やレーザーの使用、電気工事等への注意

(a) 電磁波、レーザー使用の注意

①レーザーは絶対に直視しない。
②反射光、散乱光も眼に入れないように注意する。
③レーザーの波長に応じた保護眼鏡を準備する。
④電子レンジなどのマイクロ波も眼に有害であり、眼を近づけない。

(b) 電気工事に対する注意、その他

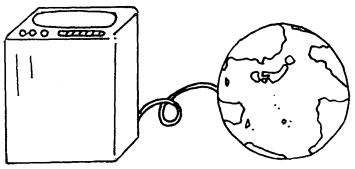
①電気工事士法により、一般にできる作業とできない作業がある。
1）電気工事士の資格がなくてもできる軽微な作業
ア）接続器や開閉器にコード、またはキャブタイヤケーブルを接続
イ）電気機器（配線器具を除く）の端子に電線をネジ止めする工事
ウ）積算電力計、電流制限器、ヒューズの取り付け、取り替え工事
エ）２次電圧が36Ｖ以下の小型変圧器の２次側配線工事（インターホン、ベルなど）
オ）電柱などの装柱工事（柱、腕木）設置、変更
カ）地中線用暗渠、または管の設置、変更
2）電気工事士の資格がないとできない作業
ア）電線相互の接続
イ）碍子に電線取り付け作業
ウ）電線を直接造営材に取り付ける作業
エ）電線管、線樋、ダクトに電線を収容する作業
オ）配線器具の造営材取り付け作業
カ）電線管加工作業
キ）ボックスの取り付け作業
ク）電線、電線管、ダクトの造営材貫通部の防護装置取り付け
ケ）金属性の電線管、線樋などを建造物のメタルラス、ワイヤラスへの取り付け作業
コ）配電盤を造営材に取り付ける作業
サ）接地電極の埋設、接地線の接続、つなぎ込み
シ）以上の補助作業
②電線を這わす時は、伏せ板、またはポリ塩化ビニル（塩ビ）管で覆う。

5.2 配線に伴う基礎知識

実験室では、大小様々な容量の電気機器を取り扱うので配線の知識が必要となる。ここでは、電気機器や配線を扱う上で必要な実際的な事柄について述べる。

(1) アース（接地）

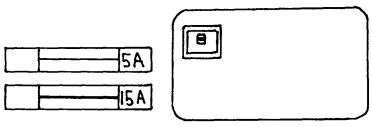
感電や漏電を防止するために、電気機器にアースを取り付ける。
商用交流電源の片側はアースされているので、電気機器の内部で絶



縁不良が生じた場合でも、機器のアースを正しく取ってあれば、漏電電流はアースを通って地中を流れ、感電および漏電の危険性は少なくなる。

電源盤に付いているアース端子は、接地抵抗が大きくアースとしては十分とはいえない場合もあるが、感電を防ぐ目的には十分に役立つ。また、鉄骨造り、鉄筋コンクリート造りの場合には、鉄骨または鉄筋自体が接地抵抗の小さい良好なアースになっていることが多い。水道管は接地抵抗が小さければアースになる。ガス管からアースを取ることは火災を招くことがあるので禁止である。

(2) ヒューズおよびブレーカー



通常、爪付ヒューズまたは筒型ヒューズが配線や電気機器に使用されている。爪付ヒューズの定格電流は、3.5A、10A、15A、20A、30A、40A、50A、60A…などとなっており、コンセントやテーブルタップ用として15Aのヒューズが多く使われている。ヒューズの替わりに安全ブレーカーも広く使われるようになってきており、ヒューズよりも信頼性が高い。さらに、漏電ブレーカーを取り付けておくと、漏電した際に回路が遮断されるので、感電防止や漏電による火災防止に極めて有効である。

(3) 電線、コード、ケーブル

電線には、単線とより線があり、電気機器への配線には柔軟性のある軟銅より線が多く用いられる。実験室などの配線に使用される電線、コード、ケーブルを図５－１に、また、コード、ケーブルの許容電流値を表５－３に示す。

(a) 平形ビニルコード

より線を塩ビで絶縁被覆したもので、家庭用電気器具や300Ｖ以下の小型電気機器用として広く使用される。塩ビは、連続使用許容最高温度が60℃で熱に弱く、電気を熱として利用する電熱器や白熱電灯などの器具には使用できないことになっている。また、このコードは移動配線用であり、壁や床などの固定用ではない。

(b) ゴムコード（袋打ちコード）

より線に紙テープあるいは綿糸を巻き、ゴム混合物で被覆した後に編組を施したものである。比較的熱に強いので、電気を熱として利用する器具類に用いられる。

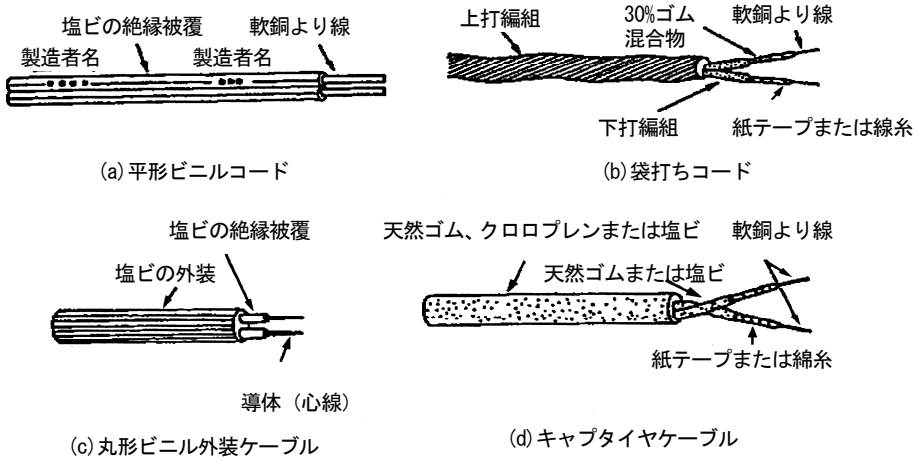


図５－１　電線、コード、ケーブル

表５－３　コードおよびケーブルの許容電流値　　単位（A）

太さ公称断面積（㎟）	心線の構成素線数/直径（㎜）	コード		キャブタイヤケーブル	
		塩ビ	耐熱ビニル・クロロプレンゴム	塩ビ・天然ゴム	
				2心	3心
0.75	30/0.18	7	8	12	10
1.25	50/0.18	12	14	16	14
2.0	37/0.26	17	20	22	19
3.5	45/0.32	23	28	32	28
5.5	70/0.32	35	42	41	36
8.0	50/0.45	－	－	51	41
14.0	88/0.45	－	－	71	62

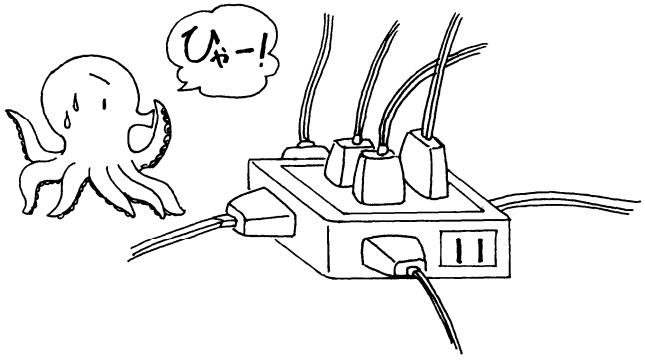
(c)　ビニル外装ケーブル

軟銅線の単線を塩ビで絶縁した後、外側を塩ビでさらに分厚く被覆したものである。丸型（VVR）と平型（VVF：Fケーブル）があり、耐水、耐油、耐薬品性に優れており、屋内の固定配線に用いられる。壁などへの固定はステップルを用いる。

(d)　キャブタイヤケーブル

軟銅より線をゴム混合物（または塩ビ）で絶縁したうえ、外側を丈夫なキャブタイヤゴム（または塩ビ）で分厚く被覆したもので、丈夫で耐水性に富み、手荒い使い方をする場所や、屋外などの水気のある場所での移動用電線として用いられる。

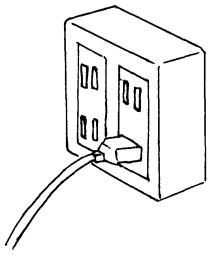
(4) 実験室における配線



実験室には、通常、100Ｖコンセントと100Ｖ、200Ｖ交流電源の配電盤が設置されている。コンセントの定格電流は一般に15Ａであり、容量が不足する場合や大電力を必要とする電気機器の電源は配電盤から直接取る必要がある。電気配線を行う際の注意事項を以下に示す。

(a)　配電盤にはアースの取り付け端子がついているので、必ずアースを取る。万一、電源にブレーカーやヒューズが取り付けられていない場合は、安全装置を取り付けてから利用する。

(b)　適切な電流値のヒューズを使用する。配電盤には、通常30Ａまたは60Ａのヒューズがついているが、使用電気機器の総電力が少ない場合には、使用電力に見合った電流値のヒューズに取り換える。



(c)　配電盤から室内の数ケ所に枝分かれして配線する場合には、途中に適宜スイッチとヒューズボックスを設け、適切な値のヒューズをつける。

(d)　電気配線を固定する場合には、平型ビニル外装ケーブル（Ｆケーブル）を用いる。通常の平型ビニルコードを用いてはならない。

(e) 配線を床に這わす場合には、キャブタイヤケーブルを用いる。永続的に使用する場合は、伏せ板または塩ビチューブを用いて、コードを引っかけないように保護する。
(f) テーブルタップには、たこ足配線をしないことを原則とし、やむを得ない場合は、各電気機器とテーブルタップの許容電流を確認してから通電する。差し込み口が足りない場合には、固定用ケーブル（Fケーブル）を用いコンセントを増設する。
(g) 電気を熱として利用する電気器具の配線には、ゴムコードを使用する。
(h) コンセントの差し込みの緩みや、配電盤の端子と導線の接続の緩みに気を配る。

[参考文献]

1．北海道大学安全・防災委員会：安全の手引（2004）
2．筑波大学：安全のための手引（1998）
3．青島賢司：安全管理者のための安全工学第７章、オーム社（1974）
4．化学同人編集部：実験を安全に行うために　新版、化学同人（1993）
5．東京工業大学総合安全管理センター編：健康・安全手帳（2004）

６．特殊実験における安全指針

6.1　RI・放射線の安全取扱い ····· 59
(1) 法令及び学内規則 ····· 59
(2) 放射線業務従事者登録 ····· 59
(3) いかにして放射線障害を防止するか ····· 59
(4) 体外照射に対する防護 ····· 59
(5) 体内照射に対する防護 ····· 59
(6) RI・放射線実験における注意点 ····· 60
(7) 放射線事故・地震・火災時の対応 ····· 60

6.2　Ｘ線の安全な取扱い ····· 61
(1) 管理区域 ····· 61
(2) Ｘ線作業従事者の法令上の義務 ····· 61
(3) 被ばく線量の管理 ····· 61
(4) 放射線の人体への影響と放射線量の単位 ····· 62
(5) 被ばくを最小限にとどめるための心得 ····· 63

6.3　生物実験に関する安全取扱い ····· 64
(1) 生物災害の特徴 ····· 64
(2) 病原体の種類と性質 ····· 64
(3) 病原体の感染経路 ····· 64
(4) 微生物を用いた実験の注意点 ····· 65
(5) 病原体取扱い上の一般的注意事項 ····· 65
(6) 病原体の汚染除去（消毒と滅菌） ····· 65
(7) 実験動物の取扱い ····· 66
(8) 実験動物の一般的な取り扱い ····· 66
(9) 動物実験の処置 ····· 67

6.4　クリーンルームに関する安全取扱い ····· 68
(1) クリーンルームで利用する装置 ····· 68
(2) クリーンルームへの装置の装置 ····· 68
(3) クリーンルーム利用上の注意 ····· 69
(4) クリーンルーム禁止事項 ····· 69

6　特殊実験における安全指針

6.1　RI・放射線の安全取扱い

(1)　法令及び学内規則

本学で放射性同位元素（RI）の取り扱いが出来る施設は下記に示す施設があり、「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」および「電離放射線に障害防止規則」（電離則）の規程に基づき、各施設それぞれの「放射線障害予防規程」を定めている。

RI・放射線を取り扱う人は、これらの法令及び規則を守らなければならない。また、各施設には放射線取扱主任者が任命されていて、放射線の安全取扱いに関して監督を行っている。

・放射性同位元素総合実験室（小白川・学内共同利用施設）
・医学部 RI センター（飯田）

(2)　放射線業務従事者登録

RI 及び放射線発生装置を取り扱うため、また、それらを取り扱っている施設に立ち入るためには、あらかじめ、①健康診断の受検、②教育訓練の受講、③ガラスバッジの取得を行い、④放射線業務従事者として登録する必要がある。

工学部における登録手続きは、毎年度末に、次年度における業務従事者（学生を含む）の調査を行い、年度当初に②教育訓練を実施し、③ガラスバッジが交付される。

(3)　いかにして放射線障害を防止するか

RI・放射線を取り扱う人は

(a)利用する RI・放射線の性質について正確な知識を持つ
(b)安全取扱いに十分配慮した使用を心掛ける
(c)本学の各施設で定められている放射線障害予防規程を守る

ことが大切である。

(4)　体外照射に対する防護

放射線による体外被ばく防止には、「距離」、「時間」、「遮へい」の３原則がある。

(a)放射線源からの「距離」を大きくとる。
　γ線の場合、照射線量率は距離の２乗に反比例するので、できるだけ離れて作業する。また、トングなどの遠隔操作器具を使用する。
(b)被ばくする「時間」をできる限り短くする。
　あらかじめ作業手順を検討して手際よく行う。
(c)放射線源との間に「遮へい」物を置く。
　放射線の種類によって、鉛、鉄、コンクリート、プラスチックなど適切な遮へいをする。

(5)　体内照射に対する防護

気体、液体、粉体などの密封されていない RI を取り扱う時は、体外被ばくに加え体内被ばくも防止する必要がある。RI が体内に入る経路は次の３つがある。

また、作業室で、飲食、喫煙、化粧などをしてはならない。

(a)呼吸器

呼吸器を通じて吸入摂取しないためには、RI の取扱いはフードの中やグローブボックスを用いて行い、必要に応じて防塵マスクなどを着用する。

(b)口、消化管

口、消化管を通じて経口摂取しないためには、ピペットは専用のピペッターを使用し口で吸ってはならない。

(c)皮膚、とくに傷口

皮膚や傷口を通じて体内摂取しないためには、専用の実験衣、帽子、履物、ゴム手袋などを着用し、手洗いはこまめに行う。

(6) RI・放射線実験における注意点

[実験計画]

RI を使用して実験する時は、必ず事前の実験計画をしっかり立てることが重要である。

まずはRI を用いない実験（コールド実験）を行い、段取り・操作手順に慣れておくことが必要である。併せて、放射線防護に関して問題がないか確認する必要もある。

また、不必要に大量の RI を使用しない。実験に必要な量だけ購入し、余分な RI をもたないことも重要である。

[その他重要事項]

(a)実験中は常にサーベイメータを身近に置き、周囲の放射線の量、手や器具、実験台、床などの表面汚染の状況を把握する。

(b)実験は放射性物質を直接扱う人、それを補助する人の二人以上で組んで行うのが望ましい。

(c)汚染と非汚染の場所を厳重に区別して実験を進める。器具についても同様に区別して使用する。

(d)気体、液体、粉体などの密封されていないRI の取扱いは、可能な限りフード内に限定する。小規模の実験の場合は更にフード内にバットを置き、RI の使用はその中に限定する。汚染の拡大を未然に防ぐためフード内にはビニールろ紙などを敷き、また、フード内から物品を持ち出す時はサーベイメータで汚染の有無を確かめる。

(e)密封されたRI を取扱う時は、使用前後に、破損などにより密封状態が破壊されていないことを確認する。

(f)汚染が起こった時や汚染を発見した時は、周囲の人にすぐ知らせ、汚染の拡大防止措置をし、放射線取扱主任者へもすぐ通報する。

(7) 放射線事故・地震・火災時の対応

(a)各施設の放射線障害予防規程に定められているので従うこと。

(b)放射線事故の原因は、その 90%以上が実験者の慣れにもとづく基本的操作の無視及び不注意である。放射線事故は実験者本人のみならず、一般の人や環境へも影響を及ぼす恐れがあるので、決して単独の判断での対応や隠ぺいをしてはならない。

(c)放射線事故が発生した場合は、ただちに周囲の人に知らせ、放射線取扱主任者へ通報し、その指示に従う。

(d)火災の場合は、出来る限り消火または延焼の防止に努める。水による消火は汚染を拡大させる可能性があるので行わない。時間的余裕がある時はRI を安全な場所に移して一時的に保管する。その後、放射線取扱主任者へ通報し、その指示に従う。

(e)地震の場合は、まず、実験者本人が退避・避難することが先決である。その後、放射線取扱主任者へ被害状況などを通報する。

6.2　Ｘ線の安全な取扱い

工学部にはＸ線発生装置が数多く存在するが、Ｘ線は放射線の一種であり、その取扱いは前節と同様に行われなければならない。

(1)　管理区域

外部放射線および空気中の放射性物質による実効線量の合計が、1.3mSv/3 月（100mSv/週）を超える恐れのある区域を管理区域といい、管理区域の出入口には図６－1 のような放射線管理区域標識が掲示されている。

図６－１　放射線管理区域の標識

(2)　Ｘ線作業従事者の法令上の義務

Ｘ線作業に従事する者は、自らの被ばく線量を低減し、さらに環境の保全に努めることは当然のことであるが、個人線量計による被ばく管理の実施、放射線健康診断の受診、取り扱いに先立つ、あるいは定期の教育・訓練の受講などが法令で義務づけられている。

(3)　被ばく線量の管理

放射線診療従事者の被ばくに対しては、表６－１に示す線量限度、すなわち、被ばくの上限値が法令で定められている。女性の放射線感受性が男性に比べ高いということはなく、男性と同様の放射線作業を行っても差しつかえない。しかし、胎児の放射線感受性は高いため、妊娠している女性の線量限度は低く抑えられている。

表６－１　実効線量

男　性	100mSv/5年 (平均20mSv/年で、どの1年も50mSvを超えない)
女　性	5mSv/3月*1
水晶体の等価線量	150mSv/年
皮膚・手足の等価線量	500mSv/年
妊婦の腹部の等価線量	2mSv*2

＊1　妊娠する可能性がないと診断された者、妊娠する意思がない旨を病院又は診療所の管理者に書面で申し出た者及び妊娠中の者を除く。

＊2　本人の申出等により病院又は診療所の管理者が妊娠の事実を知った時から出産までの間。内部被ばくについて1mSv。

放射線診療従事者の被ばく管理には、図６－２に示すガラスバッジが用いられ、毎月交換する。装着する位置は胸部（女性は腹部）に１個装着する（図６－３）。防護エプロンを着用している場合は、胸部（女性は腹部）用は防護衣の内側に装着する。

図６－２　ガラスバッジ

図６－３　ガラスバッジの装着箇所

(4)　放射線の人体への影響と放射線量の単位

表６－２に、被ばく線量とそれに伴う人体への影響について簡単にまとめた。被曝による二日酔いに似た急性放射線症状は、普通 2～3 時間の潜伏期を経て発症する。被曝線量が弱ければ急性放射線症にかかってもほぼ完全に回復するが、数年～数十年の潜伏期を経て白血病、悪性腫瘍、平均寿命短縮などの晩期型症状の発症が予期されるので、被ばく線量は可能な限り抑える必要がある。

表６－２　電離放射線の人体に及ぼす影響

被曝線量（Sv）	影響
0.00～0.25	この程度の被曝では影響しない
0.25～0.50	身体的変化無し。自覚症状もない （血液検査で異常が見つかる下限値）
0.50～1.00	被爆を受けた人の10%に軽い放射線症状（吐気・嘔吐・下痢・頭痛・脱力感）が発生することが予想される。一時的に白血球数減少などの血液変化が起こるが、数日以内に身体機能は完全に回復。
１～2	線量とともに急性放射線症を起こす人の数が増し、その症状も重くなり、出血や胃腸障害が起こる。放射線による死は起こらないが、能力低下をきたす可能性はある。
2	約50%の人が急性放射線にかかり、数%の人が死に至る。免疫機能が低下し感染症による発熱を伴う。
3	90%の人が激しい急性放射線症にかかり、25%程度の人が死亡。
4～5	被曝した人の50%は急性放射線症で死亡
６以上	被曝した全ての人が３０日以内に死亡することが予想される。

人体への影響に関連する放射線量の単位として、「吸収線量:グレイ(Gy)」と「等価線量 or 実効線量:シーベルト(Sv)」がある。

吸収線量とは、ある物質によって吸収された放射線のエネルギーを表すもので、単位はグレイ(1Gy = 1000mGy = 1000000μGy) が用いられる。同じ吸収線量でも放射線の種類により臓器・組織に現れる影響が異なる。放射線の違いによる生物学的効果を考慮した単位がシーベルト (1Sv = 1000mSv = 1000000μSv) である。等価線量は吸収線量に放射線荷重係数 (生物学的効果比) を乗じたものである。放射線荷重係数は、X 線・γ線は 1、電子線は 1、中性子線はエネルギーにより 1～20、α線は 20 である。医療分野でよく用いられる X 線・γ線・電子線の放射線荷重係数は 1 であるため、吸収線量と等価線量は同じと考えてよい。また、確率的影響にはシーベルトが用いられ、グレイは確定的影響の単位として用いられる。

(5) 被ばくを最小限にとどめるための心得

実験中の不慮の事故は少し慣れた頃に発生し易い。X線が関係する事故はたちまち大惨事へと発展する危険を秘めていることを自覚し、慎重に作業する事。危険予測をする事が大事である。以下はX線被ばくを最小限にとどめる為の一般的諸注意である。

(a) むやみに管理区域内へ立ち入らず、被ばく時間を可能な限り短縮する。そのためには短時間で作業が終了できるように、実験内容・操作手順を事前によく理解しておく。

(b) X線強度は距離の２乗に比例して減少する。従ってX線発生機にはあまり近づかない。

(c) 体内からの被ばく (内部被ばく) を避けるために、管理区域内での飲食・喫煙を堅く禁ずる。

(d) X線は鉛に吸収される。作業上必要であれば鉛入りの防護服、防護メガネを着用すること。

(e) X線漏れ個所は通常鉛で覆われているか、鉛ガラスで遮断されている。しかし、使用条件により予期せぬ所にX線が漏洩している場合があるので、管理区域設置のサーベイメータで放射線量の確認は常に行うこと。X線装置の操作は担当者に教えられた必要最小限の操作にとどめ、興味本位で装置の他の部分に触れない事。X線発生時には遮蔽物の内側には侵入しないこと (放射線レベルが非常に高く，立ち入り禁止区域となっていることが多い)。

(f) 緊急時 (地震・事故・火災等) にはX線の漏洩を防ぐために、X線緊急停止ボタンでX線を速やかに落とし、装置責任者に通報する。また，事前に避難経路を確認しておくこと。

6.3　生物実験に関する安全取扱い

(1) 生物災害の特徴

一般的に生物災害とは、病原体を含むあらゆる生物あるいは生物の代謝物質などによって人や他の生物に発生する災害を意味する。特に、感染症では感染個体を感染源として多数の感受性者に感染が伝播される。一般に感染者は発病までの期間、病原体を排出しながら健康者として行動するために、この間に多くの人が感染し、爆発的な流行にまで発展することがある。したがって、実験室では、まず実験者自身の感染防止が安全対策の基本となる。

(2) 病原体の種類と性質

病原体は、ウイルス、リケッチア、クラミジア、細菌、原虫など極めて多種多様である。また、この他に寄生虫も存在するが、ここでは寄生虫を病原体に準じて取り扱うものとする。これらの病原体は、種類ごとに固有の宿主や感染経路をもち、人や動物に対する病原性や温度、湿度、日光などに対する抵抗性も様々である。さらに、病原体には人のみに感染するもの、人以外の動物に感染するもの並びに人畜共通伝染病として人と動物の両方に感染するものがある。特に、人の感染症や人畜共通伝染病の病原体を扱う場合は、直接人に感染するために細心の注意を必要とする。

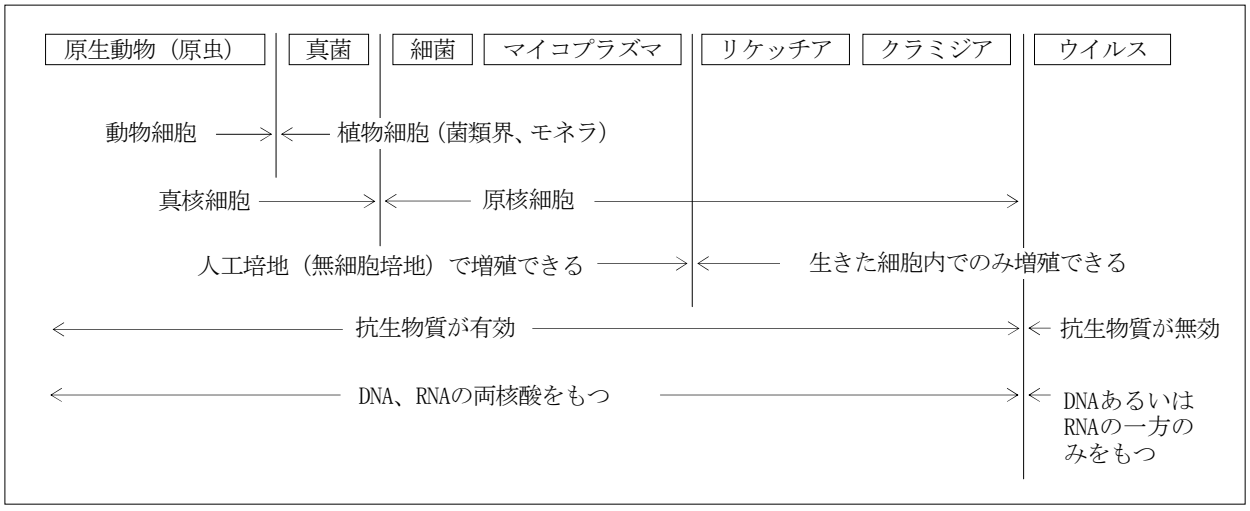


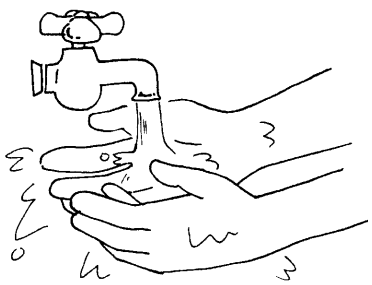
図６－４　微生物の種類と主な特徴

(3) 病原体の感染経路

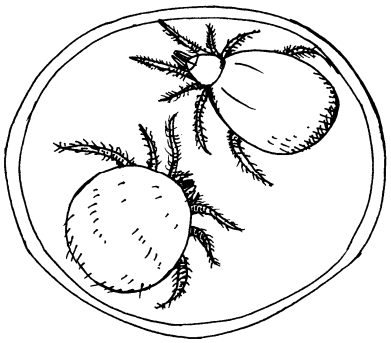
感染経路には、①接触感染（直接、間接）、②飛沫感染、③空気感染、④媒介物感染（一般媒介物、保菌動物）、⑤自家感染がある。これらの感染経路を熟知して、感染源を絶ち、感染経路を遮断することが肝要である。特に、皮膚、粘膜からの感染が多い。したがって、病原体を扱う者はそれぞれの病原体の感染経路について十分な知識を持たねばならない。

(a) 皮膚：皮膚の傷口の汚染や汚染した注射針、釘、ガラス片などによる刺傷あるいは病原体を保有する蚊やダニ類の吸血などによって経皮感染が成立する。

(b) 粘膜：呼吸器粘膜からは病原体を含むエアロゾル（空中に浮遊した目に見えない微少な水滴）の吸入などで呼吸器感染が、消化器粘膜からは飲食物の摂取などで経口感染が、また目では病原体に直接汚染させて粘膜感染が成立する。汚染個所のゾーニング、滅菌、消毒、特にうがい、手指の洗浄・消毒の励行、メガネ、マスク、手袋、ガウンの着用にも心掛ける。



(4) 微生物を用いた実験の注意点



(a) 実験室内感染の防止

病原体には人に重い病気を起こすものが多いために、実験室では実験者自身の安全のみならず同室内の他の人々の安全も確保しなければならない。

(b) 外部への病原体の漏出の防止

実験者の不注意から病原体が実験室外に漏出して人や動物に感染し、二次災害に発展することを防止する。

(5) 病原体取扱い上の一般的注意事項

(a) 病原体を取り扱うには、次の３つの条件を満たす必要がある。

①取り扱われる病原体の危険度に相応した安全施設を備えていること。

②実験者が正しい無菌操作技術、滅菌法や消毒法を身につけていること。

③実験室での病原体の取扱い作法を忠実に遵守すること。

(b) 実験を開始する前に関係者全員に、病原体の安全管理に関する次の３原則を徹底させる。

①病原体を含む材料の管理方法を統一し、責任者不明の試料があったり、実験中に試料や汚染物が室外に不用意に放出されることのないようにする。

②事故により実験室が病原体で汚染された場合、消毒法や滅菌法による安全体制を確保し、室外の一般区域に病原体が絶対漏出しないようにする。

③事故が発生した場合の措置をあらかじめ関係者全員に周知させ、誰でも即座に安全対策を取れるようにする。

(c) 実験室では、実験者は以下の基本的な作法を身につける。

①実験室では、必ず前の閉じる作業服（白衣）を着け、危険度に応じてゴーグル、マスクや手術用手袋・帽子を着用する。

②実験後は直ちに手指を消毒し、流水で洗う。

③病原体で汚染した器具、培地、汚物、動物材料や実験台などはきちんと始末し、それぞれ消毒・滅菌して危険のないようにする。

④病原体を含む試料のピペット操作は口で行わない。

⑤試料は、できるだけエアロゾルが発生しないような方法で扱う。

⑥注射針や尖鋭な器具を使用する場合、刺傷事故が生じないよう十分に注意して実験を行う。使用済み注射針などは、固い容器に入れ（リキャップはしない。）、廃棄処分にする（業者委託）。

⑦エーテル・アルコールなどの溶媒や消毒液の引火による火傷や火災に注意する。

⑧冷蔵庫やフラン器に実験済みの材料を長く保存しない。また、実験室内の冷蔵庫での食品の保管を禁止する。

⑨実験室内での飲食と喫煙は厳禁とする。

⑩作業衣のままの外出や食堂への出入りは厳禁とする。

(6) 病原体の汚染除去（消毒と滅菌）

消毒と滅菌は、実験室内感染防止対策の基本である。

(a) 消毒は、病原体を物理・化学的方法で殺すかあるいは感染力を消失させるもので、主に消毒剤が用いられるが、滅菌ほどの確実性はない。微生物は種類毎に消毒剤に対する感受性や抵抗性が相違するので、病原体の性質を良く見定めた上で消毒剤を選択する。濃度、温度、pH、接触時間等に注意する。

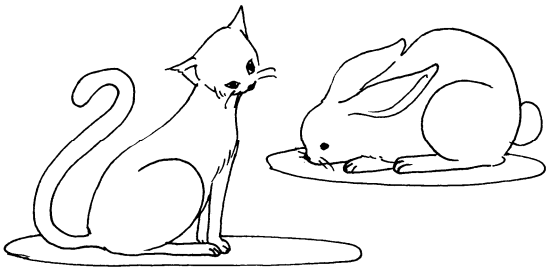
一般に、実験室、実験台、容器などの汚染除去には加熱処理よりも消毒剤の方が信頼性はやや劣るものの簡単で使いやすい。

消毒剤で手指や体表を消毒した場合は、直ちに水洗いする。これは、微生物を殺菌できる薬剤は当然人体にも有害だからである。消毒剤加エタノール製剤は、擦式法（ラビング法）にて行い、洗浄設備のない場所でも容易に消毒できるが、引火性であること、手荒れに十分注意する。

(b) 滅菌は、すべての微生物を完全に殺して除去する方法である。病原体を含む試料、汚物や実験器具は高圧蒸気滅菌を行うのが確実で、121℃、20～30分間の加熱で完全に滅菌できる。動物の死体、臓器、排泄物や汚物などでは一層の確実性を期すために132℃、20分の加熱も推奨されている。

低温滅菌法としてエチレンオキサイドガス滅菌が広く利用されているが、このガスは強い変異誘発性を持つので、滅菌後缶内の残留ガスを完全に排除し、吸入を確実に避けるようにする。

(7) 実験動物の取扱い



動物は、様々な病原体に自然感染しているために、この飼育を通じて感染源として危険な役割を果たすことになる。特に、実験動物が人畜共通伝染病に感染している場合、飼育関係者や実験者を巻き添えにした感染事故に発展する。また、実験動物のもつ病原体が実験室内に漏出して家畜などに感染した場合、極めて大きな産業被害を招くことになる。さらに、自然感染した実験動物では正確な実験成績を期待できず、実験そのものが無意味となる。

このために、実験動物では微生物学的に品質管理された汚染の少ない動物の繁殖と供給が図られる一方で、動物実験も衛生的な飼育環境下で実施することが不可欠の条件となっている。しかし、現状ではすべての実験動物が衛生的に飼育されているわけではない。したがって、清浄な動物でも飼育管理を誤ると自然感染に曝露されて容易に汚染動物となる。一般に、実験動物としてマウス、ラット、モルモット、ウサギが使用され、また一部にイヌやネコ、サル等も利用されている。これらは種類ごとに取扱いや飼育方法が相違する。また、動物ごとに感染する病原体や外部寄生虫の種類、あるいはそれらによって起こされる病気の症状も異なっている。

実験動物の飼育管理と実験法に関しては、学術審議会によって「動物実験指針と動物実験委員会の設置の必要性」が勧告（1987）され、本学では「山形大学医学部動物実験指針」（1986）に基づいて安全管理が図られている。また、「動物の愛護及び管理に関する法律」（昭和 48 年、法第 105 号、平成 11 年改正）並びに「実験動物の飼養及び保管等に関する基準」（昭和 55 年、総理府告示第 6 号）が定められている。

(8) 実験動物の一般的な取り扱い

動物愛護の立場から、必要以上に動物を苦しめたり、生命を犠牲にすることは許されない。動物は、適正な環境条件下で飼育管理し、処置の際には麻酔等により苦痛を最小限にとどめる。また、屠殺時には適正な方法により安楽死させる。

動物の飼育管理は以下の原則に従って行う。

(a) 実験動物は、信頼できる業者から適正な手続により購入する。

(b) 実験動物の飼育は、特定の隔離された実験動物飼育室で行う。できれば微生物学的に制御された安全隔離施設での飼育が望ましい。

(c) 飼育室には、消毒済みの着衣や専用の覆物と交換してから出入りし、また出入りの時には必ず手指の消毒と洗浄を励行する。

(d) 動物を扱う場合には、消毒済みのマスクと手術用手袋を着用する。

(e) 動物を興奮させると咬みついたり、暴れたりするので正しく保定し、保持者が外傷を受けないように注意する。もし咬まれた場合、傷口を圧迫して止血し、ヨードチンキなどで消毒した後、必要ならば病院で受診する。また、負傷事故は直ちに管理責任者か動物実験委員会に届け出る。
緊急時に備え、救急薬品キットを常備し、指定の医療機関をあらかじめ確保しておく。
(f) 実験動物の室外脱走と野生鳥獣の侵入を徹底的に防止する。
(g) 飼育室へのハエ、ゴキブリ、蚊、ダニなどの侵入を防止し、定期的に殺虫剤を散布する。
(h) 動物の排泄物や汚物は、法規に従って衛生的に処理する。
(i) 飲料水や飼料の汚染を防ぎ、衛生的な管理を徹底する。
(j) 動物の毛、排泄物、床敷の屑などでアレルギーを起こすこともあるので、動物の扱いや床敷き交換の時には必ずマスクを着用する。

(9) 動物実験の処置

動物実険を行う場合は、他の動物実験群の汚染や人畜共通伝染病の人への感染を避けるために以下の安全対策を徹底する。
(a) 実験動物の安楽死、採血や採材は飼育室から隔離された実験動物処理室で行う。
(b) 処置室への出入りには手指を消毒・水洗いし、また作業衣や覆物を処理室用のものと交換する。
(c) 動物から採材する場合、血液、体液や排泄物などによる汚染に注意し、衛生的に処理する。
(d) へい死体（死亡した動物の体)、採材後の死体や臓器は袋に入れて密封し、焼却処分にする。
(e) 手術器具、採血用具や容器などは、使用後直ちに消毒液に漬けるか、または10分間以上煮沸してから洗浄する。
(f) 処置室は、実験終了後直ちに消毒と清掃を行い、また定期的に徹底的な消毒と清掃を行う。

6.4　クリーンルームに関する安全取扱い

携帯電話、ＦＡＸ、パソコン、ＣＰＵ内蔵家電等、周りを見渡すとほとんどの電化製品に半導体が入っている。その半導体を製造する実験設備がクリーンルームである。クリーンルームは歴史の浅い実験設備であるが、現在の情報通信産業を支える重要な設備となっている。しかしながらクリーンルームは「人工の環境を供給する閉じられた空間」という点が一般的な実験室と異なる。そのため、通常の実験室よりも毒ガス漏洩、地震、停電、火災等へのきっちりした対応が必要である。

(1) クリーンルームで利用する装置

(a) クリーンルームに設置する装置を設計・注文する場合に、「電源ＯＦＦ安全モード」の考えを基本にすること。

(b) 近年装置の自動化が進み、従来のように装置の前で作業者が常に装置状態を監視しながら作業することが少なくなっている。そのため事故発生時に作業者がその場にいないことが多い。装置に事故が起きた時、自動的にかつ安全に装置が停止することが必須である。例えば、ガス使用中に停電となった場合、ガスラインが遮断され、停電が復帰してもＯＮとならない。すなわちガスラインが遮断されたままとなることである。

(c) また、非常ボタンを装備し、事故時には、その非常ボタンを押すだけで非難できるように設計されたものを注文すべきである。(非常ボタンの設置位置は高さ１５０ｃｍ±１０ｃｍ)

(2) クリーンルームへの装置の装置

(a) 地震による転倒防止

クリーンルームでは埃の浮遊をダウンフロー（天井から床下に空気の流れを作ること）により、防御している。そのため、床がフリーアクセスとなっていることが多い。フリーアクセスは地震に弱いので､転倒防止器具による地震対策が必要である｡背の高い制御装置類も転倒対策をすること。

(b) ガス配管

半導体デバイス作製用には、特殊ガスを使用することが多い。毒ガス、可燃性ガス、自燃性ガス等を使用する装置には､必ず漏洩検出器とそれに連動するガス遮断装置を装備しなければならない。そのとき使用する作動弁は、NCタイプ（normally close）とすることが必要である。ガスパージ弁については、タイミングバルブを使用し、一定時間後には自動的に閉じるようにすること。配管は配管業者による設置を推奨する。また設置後ガス漏れがないか、検査すること。(１日おいてガス圧が変化しないことの確認、すべての継ぎ目のスヌープテスト)

(c) 配　　電

クリーンルーム内の装置に配電する場合は、使用する電気容量と使用頻度を勘案し、接続する。電気業者による接続を推奨する。また、電気容量に見合ったアース線使用すること。配電盤からひく場合、配電盤内のブレーカに使用装置名を記載すること。

(d) 冷却水配管

冷却水の配管は、ステンレスフレキシブルチューブによる配管を最善とする。次善の策としては、シンフレックスチューブ、網入りチューブの使用である。この場合、水漏れがないことを常時検査し、使用すること。網の入っていないビニールチューブは使用禁止。

(e) 排　ガ　ス

使用後の排ガスは、無処理熱排気と処理排気等に分けて接続する。可燃性ガス等は爆発限界以下にＮ２ガス等で希釈し排気する｡使用していない排気ダクトは蓋等により空気の無駄排気を止める。使用している装置においても、できる限り風量を下げて使用する。

(3) クリーンルーム利用上の注意

(a) 入退出簿への記入

クリーンルーム前室に入室する際は入退出簿に氏名・所属・時間を記入する。この入退出簿に従い災害時に助けに入る。入室記載忘れは、助けが来ない。退出記載忘れは、危険な事故現場に、実際には入っていない人を助けようと入ることになる。

(b) 安全の確認

クリーンルームに入室する前に、異臭、異音の有無、酸素濃度の点検、ガス漏れ警報の有無（集中ガスモニタは前室西壁側にある）を確かめる。また、内部で人が倒れているときは、すぐに入室しないで、緊急連絡を行う。すぐ入室すると二次災害の危険性がある。

(c) 災　害　時

災害時は、装置の非常停止ボタンを押し、エアシャワーを通ることなく速やかに退出する。感電した人を見つけたときは、すぐに助けず、まず電源を切ること。自分まで感電する可能性がある。

クリーンルーム内で警報音を聞いたときは、周りのもの（クラス100、クラス1000，クラス10000とも）に知らせ、該当装置が分かる場合は、その装置の非常ボタンを押し、速やかに退室する。

(4) クリーンルーム禁止事項

(a) 装置の搬入

外につながる大扉とクリーンルームの扉の同時開放禁止。搬入装置は搬入前の水拭きによる清掃厳守。

(b) 着衣・所持品

無塵服・手袋で顔以外の人体部分を覆うこと。着衣の乱れ等の確認。紙、鉛筆等の埃の出る可能性のある物の持ち込み禁止。

[参考文献]

1．北海道大学：安全の手引（2004）
2．東京大学医科学研究所学友会編：微生物学実習提要、丸善株式会社発行（1988）
3．日本ウイルス学会バイオセーフティ委員会：ウイルス研究におけるバイオセーフティ指針、日本ウイルス学会会報（1993）
4．学術審議会学術情報資料分科会学術資料部会：大学等における動物実験の実施に関する基本的な考え方（1987）
5．北海道大学：北海道大学における動物実験に関する指針（1988）
6．前島一淑編：実験動物衛生管理のための消毒と滅菌、ソフトサイエンス社（1980）
7．山形大学医学部：動物実験指針（1988）
8．山形大学医学部：動物実験指針の解説（2001）
9．国立大学動物実験施設長会議：動物実験における人獣共通感染症感染事故の防止についての申し合わせ（1979）
10. 文学情第 161 号：動物実験における人獣共通感染症感染事故の防止について（1979）
11. 文学情第 215 号：流行性出血熱（韓国型出血熱）予防指針等について（1981）
12. 文学情第 141 号：大学等における動物実験について（1987）
13. ５学情第２号：大学等における実験動物の取扱いに関する安全管理の徹底について（1993）
14. ９学情第 18 号：大学等における実験動物の取扱いに関する安全管理の徹底について（1997）
15. CDC, Guidelines for the prevention and treatment of B-virus infection in exposed persons；Clin. Inf. Dis. , 20：421－439,（1995）
16. CDC, NIH：微生物学・医学実験室のバイオセーフティー（倉田毅訳）、医学書院（1996）
17. 大谷明、内田久雄、北村敬、山内一也編：バイオハザード対策ハンドブック、近代出版（1996）
18. 岩田和夫編：微生物によるバイオハザードとその対策、ソフトサイエンス社（1980）
19. ILAR；Guide for the care and use of laboratory animals, National Academy Press（1996）
20. Fleming, DO. , Richardson, JH. , Tulis, JJ. , and Vesley, D.；Laboratory safety；Principles and practices, 2nd edt. ASM Press（1995）
21. 国立大学動物実験施設協議会バイオセーフティ委員会：感染動物実験における安全対策（2000）
22. 総理府：動物の愛護および管理に関する法律（昭和 48 年法第 105 号、平成 11 年改正）
23. 総理府：実験動物の飼養および保管等に関する基準（総理府告示第 6 号、昭和 55 年 3 月 27 日）
24. 厚生省：感染症の予防及び感染症の患者に対する医療に関する法律（法第 114 号、平成 10 年 10 月 2 日）

7．ガスの安全な取扱い方

7.1　ガスの分類とその性質 ····· 71

7.2　火災・火傷・爆発を防ぐために ····· 71

7.3　プロパンガスの取扱い ····· 73

7.4　不活性ガスの取扱い上の注意 ····· 74

7.5　低温液化ガスの危険性と取扱い上の注意点 ····· 74

7.6　有毒ガスの取扱い ····· 75

7.7　高圧ガスの取扱い ····· 77

7.8　ガスの安全な取扱いのための確認事項 ····· 79

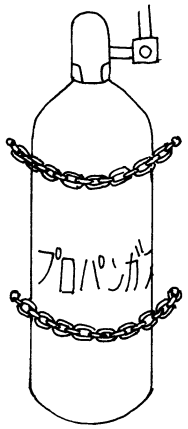
7.9　異常時の対応 ····· 80

7　ガスの安全な取扱い方

水素などの可燃性ガスや一酸化炭素などの毒性ガスに対しては、ほとんどの人が細心の注意を払い実験を行っているが、本当に無理や油断が全くないと言えるであろうか。爆発性や毒性などがなく安全であると思っている窒素ガスによってさえ、死に至る酸欠事故は起こり得る。一般に、事故が起きた後で調査をしてみると、「無理をした」「油断をした」「知らなかった」「教わらなかった」など、安全に対する心構えの不備な事例が意外に多い。

この章では、事故を防ぐために、ガスに関する基本的な取扱い方法について述べるが、大学の研究室で使用されているガスのすべてを取り上げることはできない。各実験室において実験内容、実験室の状況などに則したマニュアルを作成することが必要である。それによって、安全に対する心構えができる。

7.1　ガスの分類とその性質



(1)　可燃性ガス：H_2、CO、NH_3、H_2S、メタン、プロパン、都市ガスなど。

(2)　支燃性ガス：空気、O_2、O_3、Cl_2、NO、NO_2などの酸化力のあるガス。

(3)　爆発性ガス：可燃性ガスと支燃性ガスの混合ガス。特に、シラン類、アルキルアミン類、金属水素化物、有機金属などのガスは空気と混合しただけで発火源がなくても爆発する。

(4)　不活性ガス：液体窒素、液体ヘリウム、アルゴンなど。これらは、それ自身は無害であるが酸欠を起こす。

(5)　液化・固化ガス：N_2、He、LPG、ドライアイスなど。これらは、凍傷、爆発、酸欠を起こす。

(6)　有毒ガス：CO、CO_2、NH_3、ハロゲンガス（Cl_2、F_2）、ハロゲン化水素（HF、HCl）、硫化水素、シアン化水素、アルシン（AsH_3）、ホスゲン、シラン類、オゾンなど。
毒性の強いガスでは希薄ガスをひと呼吸しても死に至る。

(7)　腐食性ガス：塩素ガス、塩化水素、オゾンなど。これらは、金属、プラスチック、ゴムなどを腐食し、その結果として思わぬ災害を招く。また、皮膚粘膜に障害を起こす。

(8)　高圧ガス：多くのガスは高圧充填されており、ボンベの不用意な取扱いは重大事故を招く。例えば、ボンベが転倒して口金が折損した時には、ロケットのように飛び回る。

7.2　火災・火傷・爆発を防ぐために

(1) 爆発性ガス

可燃性ガスと支燃性ガスがある割合で混合すると爆発性ガスになる。空気と混合した時の爆発限界を表７－１に示す。酸素との混合では、爆発限界はさらに拡がる。可燃性ガスを扱う際には、漏洩事故を起こさないことが基本であるが、室内の換気を十分に行い、もし漏れたとしても爆発限界に入らないようにする。そのためには、換気扇の運転や窓の開閉を実験操作マニュアルに明記することが大切である。

表７－１　主なガスの空気中爆発限界（１atm、常温）（数字は可燃ガスの体積%）

ガス	下限界	上限界	ガス	下限界	上限界
アセチレン	2.5	81.0＊	メタン	5.0	15.0
ベンゼン	1.4	7.1	エタン	3.0	12.4
トルエン	1.4	6.7	プロパン	2.1	9.5
シクロプロパン	2.4	10.4	ブタン	1.8	8.4
シクロヘキサン	1.3	8.0	ペンタン	1.4	7.8
メチルアルコール	7.3	36.0	ヘキサン	1.2	7.4
エチルアルコール	4.3	19.0	エチレン	2.7	36.0
イソプロピルアルコール	2.0	12.0	プロピレン	2.4	11.0
アセトアルデヒド	4.1	57.0	ブテン－１	1.7	9.7
ジエチルエーテル	1.9	48.0	イソブチレン	1.8	9.6
アセトン	3.0	13.0	１，３－ブタジエン	2.0	12.0
酸化エチレン	3.0	80.0＊	四フッ化エチレン	10.0	42.0
酸化プロピレン	2.0	22.0	シラン	1.37	100.0
塩化ビニル（モノマー）	4.0	22.0	ジクロルシラン	4.1	98.0
アンモニア	15.0	28.0	ジボラン	0.8	93.0
二硫化炭素	1.2	44.0	ホスフィン	1.6	100.0
硫化水素	4.3	45.0	アルシン	5.1	78.0
水素	4.0	75.0	ゲルマン	2.3	100.0
一酸化炭素（湿気あり）	12.5	74.0	セレン化水素	8.8	62.0

＊アセチレンや酸化エチレン、ヒドラジンなどは条件により100%でも爆発する。

(2) 発 火 源

燃焼・爆発が起きるには、可燃性ガス、支燃性ガス、発火源の３要素が必要である。裸火だけでなく、単なる可燃（あるいは高温物体との接触）、静電気火花、衝撃、微量の触媒、多量の金属粉末も発火源になる。可燃性ガスを扱う場合、火気厳禁を表示する。特殊な例として、液状クロルシランは容器の強い衝撃で爆発する。

シラン類や有機金属・金属水素化物ガスには、空気と混合しただけで発火源がなくても爆発するものがある。特殊ガスを取り扱う時には性質をよく調査した上で実験に着手する。

高圧酸素（支燃性ガス）の配管・装置などに油・グリースを残すと発火することがある。圧力調整器や口金などには注油しない。

(3) ガス漏れが起きた時

状況に応じて最適の処置が取れるように、普段から事故が起きた時の対策について十分に話し合っておく。特に、避難経路の確保など身体の安全を図る方法や発火源の除去など事故の拡大防止策について、日頃から訓練しておくことが大切である。

7.3　プロパンガスの取扱い

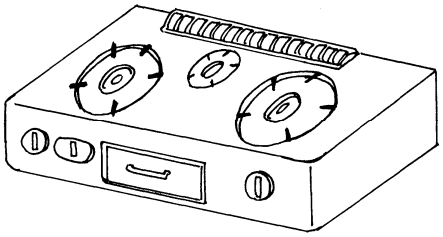
(1)　ガス使用上の注意事項

工学部では、平成20年9月、従来の都市ガスから、より高カロリーなプロパンガスに切り替えた。よって、今まで使用していた都市ガス用のガス器具・ストーブは使えない。万一そのまま使用すると、大きな事故につながるので、図７－１に示す「確認済みシール」が貼られていることを必ず確認すること。

図７－１　確認済みシール

ガス事業法によって、プロパンガスの濃度が0.1%で人間が感知できるように臭いをつけることが義務づけられている。しかし、空気より軽いガスが多く含まれているため、ガス漏れに気づくのが遅れることもある。ガス漏れによる火災、爆発を防止するために、次のような対策を講じておくことが必要である。

(a) ガスの種類にあった安全なガス器具や接続具を使用する。
(b) 立ち消え安全装置付き器具や自動ガス遮断装置を設置する。
(c) ガス漏れ警報機を設置し、定期点検を行う。
(d) ガスホース、接続箇所の点検と早めの取替えを行う。
(e) ガスを使用しない時には元栓を閉める習慣をつける。
(f) 点火、消火の目視確認の習慣をつける。
(g) ガス器具の正しい取扱い方法を守る。
(h) ガス器具のこまめな手入れを行う。
(i) ガス器具周囲の安全性（天井、壁などの可燃物からの十分な距離）に注意する。



(2)　不完全燃焼についての注意

プロパンガスが不完全燃焼した場合、一酸化炭素（CO）ガスが発生する。COガスは無色、無臭であるため発生に気付くのが遅れがちになるので十分な注意が必要である。不完全燃焼は、ガス器具の不良（ホコリ詰まりなど）が原因として起きるほか、ガス器具が新しくても排気設備が不十分であれば起きる。したがって、さらに次のような注意も必要である。

(a) 換気の習慣をつける。
(b) 十分な能力のある排気設備を設置し点検を行う。
(c) 不完全燃焼防止装置付きのガス器具を購入する。
(d) 大型ガス器具には排気筒を設置する。

(3)　ガス漏れ、不完全燃焼が起きた時

(a) 直ちにガスの使用を中止する。
(b) 窓や戸を大きく開ける。
(c) ガスの元栓やメーターコックを閉める。
(d) 火気は絶対に使用しない。
(e) 換気扇や電灯などの電気器具のスイッチを点滅しない。
(f) 付近の人へ危険を知らせる。
(g) 各部局の担当係（夜間は警務員室）に連絡する。

7.4　不活性ガスの取扱い上の注意

不活性ガスはそれ自身は無害であるが、室内に充満すると酸欠を引き起こす。大気中の酸素濃度は約21%であるが、酸素濃度の低下に伴って表７－２に示すような酸素欠乏（酸欠）症状が現れる。体内で酸素を最も必要としているのは脳細胞であり、血液中の酸素濃度の低下によっていち早く影響を受け、脳機能が低下する。この機能障害は不可逆的なものであるため、一度酸素欠乏症になると酸素濃度が正常値に戻っても後遺症が残ることが多い。

表７－２　酸素濃度低下の人体への影響

酸素濃度	症　　状
21%	（正常な酸素濃度）
12～16%	脈拍、呼吸数の増加。頭痛、めまいが起きる。精神集中に努力がいる。
９～14%	判断力が鈍る。不安定な精神状態。当時の記憶がなくなる。体温上昇、チアノーゼ。
６～10%	意識不明。中枢神経障害。痙攣、チアノーゼ。
６%以下	昏睡、呼吸停止、心臓停止。酸素濃度０%のガスは一息で意識不明となる。

酸欠者を発見した時は､救助者も酸欠になる二次災害を念頭においた適切な判断が要求される｡救助者は、まず大声で人を呼び、呼吸を止めて酸欠者を室外に引き出す。救助に数分を要する状況では、二次災害の危険があるので、単独で行動してはいけない。このような状態が想定される実験施設では、酸素マスクを常備し、酸素濃度計も設置すべきである。

7.5　低温液化ガスの危険性と取扱い上の注意点

低温液化ガスには、液体窒素（常圧における沸点－196℃）、液体ヘリウム（同－269℃）などがあり、極低温、超高真空を得るための寒剤として実験室でもよく使われるが、表７－３に示すような危険性があるので、その取扱いには熟練と細心の注意が必要である。

表７－３　低温液化ガスの危険性

液化状態	(a) 極低温のため凍傷を起こし、ひどい場合には壊疽（えそ）になる。 (b) 容器の材質は低温で脆性破壊されやすく、二次災害を起こす。 (c) 液体水素と固体酸素、液体酸素と油脂類または炭化水素燃料などの組合せは火薬と同様、激しい爆発反応を起こす（凝相爆発)。
気化状態	(a) 液化ガスは気化すると常温・常圧で800～900倍の体積になるので、密閉容器中では圧力が上昇し、容器が破裂する危険性がある。また、室内で多量に気化すると空気を置換し、酸欠を引き起こすことがある。 (b) 過剰の熱により爆発的に気化する（蒸気爆発)。 (c) 一酸化炭素は猛毒、二酸化炭素は呼吸器に影響、水素・不活性ガスは単純窒息剤、フッ素・オゾンは毒性と腐食性が強い。 (d) 可燃性ガスの場合は火災や爆発の危険性が大きい。

取 扱 い

(a)　液化ガスの取扱いには熟練を要するので、二人以上で実験をする。初心者は必ず経験者の指導のもとで実験を行う。

(b)　液化ガスが直接皮膚、目、手足などに触れないように、必ず保護服、保護面、保護メガネ、皮製手袋などを着用する。

(c)　液体窒素や液体ヘリウムは不活性であるが、密閉された部屋で使用すると酸欠になる恐れがある。液化ガスを扱う部屋は換気をよくする。また、大量に使用する場所には酸素濃度計をつけること。

(d)　液化ガス容器は、日光が直射しないよう風通しのよい場所に置く。

(e)　低温液化ガス貯蔵容器は断熱真空容器となっているので衝撃に弱いため慎重に扱う。
(f)　液化ガスを密閉容器に入れてはならない。必ず気化ガスの逃げ口を作る。液化ガスが可燃性の場合には、ガラス綿などで栓をし、爆発と引火の危険を防ぐ。
(g)　寒剤容器、特にガラス製魔法瓶は新しいものほど割れやすいので注意を要する。顔を容器の真上に近づけないこと。
(h)　液化ガスが皮膚についたらすぐに水で洗い落とす。また衣服にしみ込んだときは衣服を脱ぐ。
(i)　凍傷がひどいときは専門医に診せる。
(j)　実験者が窒息したら、すぐに新鮮な空気のところに運び出し、人工呼吸を行い、救急車を呼ぶ。

7.6　有毒ガスの取扱い

有毒ガスは、微量でも重大事故になるので取扱いには細心の注意を必要とする。有毒ガスは種類が多く、性質・毒性も多様なので、ここでは一般的な注意と一部のよく使われるガスについてのみ述べる。使用するガスの毒性の有無、吸い込んでしまった時の解毒剤・応急処置などについて、日頃から熟知し訓練する努力が必要である。

(1)　有毒ガスを漏らさないことが基本

漏れたときの対処法・手順を日頃から話し合うように心掛けたい。実験容器、配管、終末処理方法などについて、使用するガスについて事前調査を十分に行い、万全を期すことが必要である。解毒剤・有効なガスマスク・除外中和剤なども準備すべきである。使用する毒性ガスのガス漏れ探知・警報機の設置は最も有効である。

(2)　有毒ガスの許容限度と性質

有毒ガスの許容限度を表７－４に示す。特に、水素化物ガス（AsH_3、H_2S、SiH_4、GeH_4など）は毒性の強いものが多いので、必要ならば専門書、文献をよく調査する。主なガスの毒性と応急処置を表７－５に示す。

有毒ガスを吸う可能性がある時には、必ずそのガスに有効な防毒マスクを着用し、わずかな異常でも察知できるように実験に神経を集中し、常に細心の注意を怠ってはならない。さらに安全を第一とし、安全を確信できない時には逃げる勇気も大切である。その際、事故の発生を周囲に知らせて、被害の発生を防止する。

表７－４　有毒ガスの許容限度

ガス名	許容限度 (ppm)	ガス名	許容限度 (ppm)
アンモニア	25	オゾン	0.1
一酸化炭素	50	ホスゲン	0.1
塩素	1	リン化水素	0.3
フッ素	1	二酸化イオウ	5
臭素	0.1	アセトアルデヒド	100
酸化エチレン	50	ホルムアルデヒド	5
塩化水素	5	ニッケルカルボニル	0.001
フッ化水素	3	ニトロエタン	100
硫化水素	10	アクロレイン	0.1
シアン化水素	10	メチルアミン	10
臭化メチル	15	ジエチルアミン	25
一酸化窒素	5		

表７－５　主なガスの毒性と応急処置

ガ　ス　名	毒　　性	注　　意	処　　置
一酸化炭素	血液中のヘモグロビンと結合してその機能を止める。めまい、頭痛、顔面紅潮して昏睡に陥り死に至る。	不完全燃焼、ガス漏れの際に発生するので、換気に注意する。	新鮮な空気の所で安静に寝かせ保温する。酸素吸入を行う。
ホスゲン	めまい、頭痛、全身倦怠などは一酸化炭素と同じ。意識を失い呼吸できなくなり死に至る。また、目を激しく侵す。猛毒ガス。	COとCl_2が木炭を触媒として化合した時に生じる。	安静にし、うつぶせにして保温する。酸素吸入を行う。
硫化水素	ガスを吸うと胸苦しくなり意識を失う。濃いガスは特に危険。腐った卵に似た独特の臭いを持つ。	臭いに慣れると危ないので、僅かな臭いでも見逃さない。	新鮮な空気の所で安静にする。目の粘膜が侵された時は、暗室で冷湿布を施す。
シアン化水素（シアン化カリウム、シアン化ナトリウム）	飲むと激しい中毒を起こし死に至る。呼吸困難、意識不明、けいれんなどが症状である。	KCNやNaCNは、空気中で分解して有毒ガスのシアン化水素を生ずる。	特に迅速な処置が必要である。亜硝酸アミルをガーゼにしみ込ませたものを鼻口にかざして嗅がせ、15～30秒ずつ繰り返す。人工呼吸が必要な場合もある。KCNなどを飲み込んだ場合には直ちに吐かせる。
塩素、臭素	ガスが目に入ると粘膜を侵しチカチカする。喉に入ると咳がでる。臭素が皮膚につくと重い化学火傷を起こす。	広い、空気の流通のよい場所で実験をする。	新鮮な空気の所に移して、安静にし、塩素の場合はエーテルとアルコールの１対１混合蒸気を、臭素の場合は濃いアンモニア水を嗅がせる。
アンモニア	濃いアンモニアガスを吸うと呼吸困難になる。		新鮮な空気の所に移し、酸素吸入を行う。
アルシン（AsH_3）	ヘモグロビンと親和性が強く、赤血球が破壊される。250ppmで即死。25～50ppmで1.5時間で死亡、0.5ppmでも急性中毒を起こす。	にんにく臭（１ppm以上、臭覚限界0.003ppm）のほか、めまい、頭痛がし、喉に刺激を感じる。毒性が強烈なのでうっかりしていると手遅れになる。	酸素吸入を行い、速やかに医師の診断を受けさせる。特効的な解毒剤はない。

(3) ガス中毒を起こした者を発見した場合の一般的注意

(a) 第二の被災者にならないように自分の身の安全を確保することが必要である。
密閉された部屋の空気は危険と考えるべきである。単独で行動せずに大声で救援を求める。

(b) 適切な処置がとれるように、曝露ガスの種類を確認する。

人工呼吸が必要と判断される場合でも、毒性の強いガスの場合には口対口人工呼吸は避けるべきである。

7.7 高圧ガスの取扱い

大学では、高圧に充填されたガスボンベを使用することが多い。ここでは、高圧ガスボンベおよび圧力調整器の取扱い方法に関する注意事項について述べる。

(1) ボンベの種類

高圧ガス容器は、充填ガスの名称がはっきりわかるように刻印および塗色（表７－６）されている。また、可燃性ガスには「燃」が、有害ガスには「毒」が明示されている。

表７－６　容器の塗色

ガス名	容器の色	ガス名	容器の色
酸素ガス	黒	水素ガス	赤
液化炭酸ガス	緑	液化アンモニア	白
液化塩素	黄	アセチレンガス	褐色
その他のガス	灰		

(2) ボンベの貯蔵（固定）

(a) 地震などで転倒しないように、ボンベは必ずしっかりと固定する。ボンベスタンド（図７－２）に固定するのが望ましいが、実験室の壁や、頑丈な実験台の側面でもかまわない。ただし、床上約80cmおよび約30cmの２ヶ所に、金属製のチェーンを巻くこと。１ヶ所では役に立たない。また、当然ながら、ボンベスタンドはアンカーを打って、床にしっかり固定すること。

(b) 屋外に置く場合は、風雨にさらしたり、氷や雪に覆われないように注意すること。また直射日光を避け、温度を40℃以下に保つために通風をよくする。換気のよくない室に貯蔵してはならない。地震などで転倒しないように、ボンベは必ずしっかりと固定する。

(c) 発火しやすいものの近くに貯蔵してはならない。

(d) 電線やアース線の近くに置かないこと。

(e) 支燃性のガスボンベは、電気コンセントから1m以上離して設置しなければならない。

(f) 塩類その他腐食性のある化学薬品の近くに置かないこと。

(g) 貯蔵室は火気厳禁とすること。

(h) 液化ガス容器は常に垂直に立て、乾燥した涼しい場所に置くこと。

図７－２　ボンベスタンド

(3) ボンベの元栓

ボンベの元栓は、弁棒がむき出しになっているものと、弁棒にハンドルが付いたものの２種類がある（図７－３）。ハンドル付きは、ハンドルを廻して開け閉めする。弁棒式は、専用スパナを使って開閉する。

いずれも容器弁を保護するキャップが付いていて、ハンドル付きはキャップをはずさないと、圧力調整器を取り付けることができない。圧力調整器を取り付けた状態でボンベが転倒すると、口金が折損して、中のガスが噴出すことがある。腐食性の強いガスボンベは、口金のみならずボンベ本体も侵食される。

(a)　弁棒式　　(b)　ハンドル付き

図７－３　ボンベの元栓

(4) 圧力調整器のハンドルの回転方向に注意せよ

圧力調整器（図７－４）の２次側圧力調整ハンドルは、一般常識とは逆で、右に回すと２次圧が高圧になるので、初心者には注意を与える必要がある。閉めたつもりで右いっぱいに回した状態で元栓を開くと、２次側圧力計の設計基準を超え、これに調節機構の作業時間遅れも加わり、２次側圧力計のブルドン管歯車の故障や、ひどい時にはブルドン管自体が破裂し、メーター前面のガラスが吹き飛ぶ。顔に当たれば運が悪いと失明する。

図７－４　圧力調整器

ボンベに圧力調整器を取りつけた時には、元栓を開く前に、２次側圧力調整ハンドルは左に回し切り、正面ではなく側面に立って元栓を操作するように心掛ける。

水素用の圧力調整器は、ボンベ側の取り付け袋ナットが逆ネジ（左ネジ）になっている。また、ガスの種類によってはネジの径を変えているものもある。いずれも多くの事故を教訓とした安全のための知恵である。

圧力調整器は、ボンベ取り付け後しばらくして緩むことがあるので、定期的に容器取付け袋ナットをスパナで締め、緩みを確認すること。

(5) ガス配管からの漏れを実験開始前に点検する

高圧配管ならば、高い圧力をかけて一夜放置する。ガラス部分を含むような常圧・低圧配管では真空引きして一夜放置すれば、安全を確認できる。ガス漏れ部分の検出には、加圧のときには泡立ちのよいシャンプーや洗剤の希薄液をかけると泡ができる。また、聴診器のようなイヤホーンで漏洩音を探すのも一つの方法である。真空引きの時には、エーテル・アセトン・アルコールなどをかけると、急激に圧力が上昇して検出できる。

(6) 高圧ガス保安法について

関係基準を含めると膨大な量となりわかりづらい法律である。基本的な運用解釈が知事に委任されていることもあり、都道府県により一部運用が異なる。

不明な点は、ガス供給業者、高圧ガス保安協会または監督官庁に照会すること。

7.8 ガスの安全な取扱いのための確認事項

安全に実験を行うための必要最小限の安全確認事項を以下にまとめる。実際には、これらの最小限の安全確認も行われていない場合が多い。各研究室の実状は様々であり、研究室独自の安全マニュアルを作成する必要がある。

(1) 基本的確認事項

(a) 使用するガスの毒性、引火性、爆発性などの性質について知っているか。
(b) 規定に従った配管類、器具類を使用しているか。
(c) ガス漏れなどの検査は常時行っているか。
(d) 換気装置、ガス漏れ警報機など安全装置は完備しているか。
(e) ガスボンベ、ガス漏れ警報機などの検定期限は過ぎていないか。
(f) 装置、器具、部屋の状態など安全性について専門家に相談したか。
(g) 解毒剤、中和剤、ガスマスクなど非常用備品は完備しているか。
(h) 実験装置の操作手順をよく理解しているか。
(i) 万一、事故が起きたときの対処の方法を理解しているか。

(2) ガスボンベなどを移動、移設する場合の確認事項

(a) 元栓は確実に閉まっているか。
(b) 圧力調整器などに残留ガスが残っていないか。
(c) 口金の状態は大丈夫か。
(d) 安全キャップをしているか。
(e) 移動には適正なキャリアーを使用しているか。
(f) 移動経路に障害物などの危険物はないか。
(g) 移動場所の安全性（直射日光、湿気、火気など）に問題はないか。

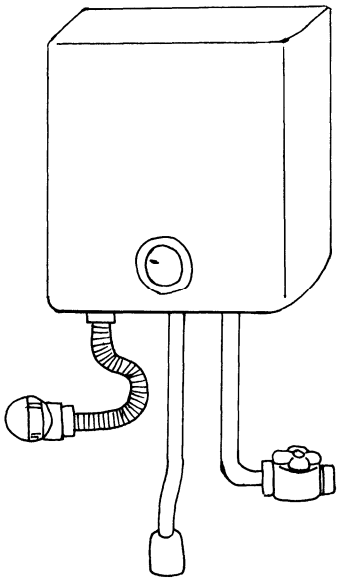
(h)　移動後、ガスボンベなどをしっかり固定したか。
(i)　配管は正しく行われ、漏れのないことを確認したか。
(j)　その他、異常、不都合な点はないか。

(3) 実験操作に入る前の確認事項

(a)　換気は十分か。
(b)　使用するガスの種類および配管系統に間違いはないか。
(c)　ガスボンベなどの固定は大丈夫か。
(d)　ガスボンベなどの口金、圧力計などに異常はないか。
(e)　配管の接続は確実で、漏れはないか。
(f)　配管、実験装置・容器などの状態に異常はないか。
(g)　実験装置の周囲に引火しやすい物、爆発しやすい物などはないか。
(h)　ガスの終末処理は万全か。
(i)　その他、気がついた異常はないか。

(4) 実験操作中の確認事項

(a)　換気装置は正常に作動しているか。
(b)　ガスの計器などに異常はないか。
(c)　実験装置・容器の様子に異常はないか。
(d)　その他、いつもと違うことはないか。



(5) 実験終了後の確認事項

(a)　ガスの元栓は確実に閉めたか。
(b)　実験装置・容器に異常はないか。
(c)　すべての最終安全確認を行ったか。

7.9　異常時の対応

異常や事故が起きた時、あるいはそれを発見した時
(a)　自分一人で処理しようとせず、大声を出すなどして救援を求める。
(b)　各部局の担当係（夜間は警務員室）に連絡する。
(c)　近くにいる人に危険を知らせる。
(d)　安全処置を十分行ってから、防災対策を行う。
(e)　不用意に無防備で汚染環境に入らない。
(f)　ガス漏れの場合には、特に火気に注意し、余裕があれば元栓を閉め窓を開く。

[参考文献]

1．北海道大学安全・防災委員会：安全の手引（2004）
2．化学同人編集部編：実験を安全に行うために、化学同人（1993）
3．日本化学会編：化学実験の安全指針第４版、丸善（1999）

8．実験廃棄物の処理

8.1　実験廃棄物の分別収集区分 ····· 81

8.2　実験廃棄物の原点処理 ····· 82

8.3　外注委託で定期的に処理できる実験廃棄物 ····· 82
(1) 固形廃棄物の処理 ····· 82
(2) 廃液の分別収集および貯留 ····· 82

8.4　実験廃液等の処理申請と搬出方法 ····· 83
(1) 無機系廃液 ····· 83
(2) 有機系廃液 ····· 83
(3) 写真廃液（現像液、定着液） ····· 83
(4) 難燃性有機廃液（含ハロゲン） ····· 84
(5) 廃　油（機械油、植物油など） ····· 84
(6) シリコンオイル ····· 84

8.5　定期的に処理できない実験廃棄物 ····· 84
(1) 放射性物質 ····· 84
(2) ＰＣＢ ····· 84
(3) 石綿（アスベスト） ····· 84
(4) 金属水銀 ····· 84
(5) 発火性、引火性物質 ····· 85
(6) 爆発性物質 ····· 85
(7) 作業中に健康障害を引き起す化学物質 ····· 85
(8) 病原性徴生物による汚染物質 ····· 85

8.6　有害ゴミ（蛍光管、電池類）の処理 ····· 86

8.7　産業廃棄物の処理 ····· 86

8　実験廃棄物の処理

この章で扱う廃棄物は、一般ゴミ（可燃ゴミ、不燃ゴミ等)、粗大ゴミ（机、椅子、パソコン、家電、実験装置、各種機器など）を除く、有害物質を含む実験廃棄物および産業廃棄物（試薬瓶・缶類、実験用ガラス器具、電線等）のことである。

自然科学系の実験室では多種類の無機・有機試薬が使用されているが、その中には毒性の強い化学物質や、人体への影響が不明な化合物も少なくない。その他放射性物質や病原微生物のように物質的あるいは生物学的に危険性の高いものも取り扱われている。

こうした大学で発生する実験廃棄物の特殊性から、一般の産業廃棄物でいう山元還元、再生利用などの考え方はある限られた廃棄物にしか適用できず、より安全な処理対策が必要になってくる。

8.1　実験廃棄物の分別収集区分

まず、図８－１のフローチャートに従って、有害ゴミ、産業廃棄物、実験廃棄物に区別し、実験廃棄物は業者に外注委託し定期的に処理できるものと、できないものとに区別する。

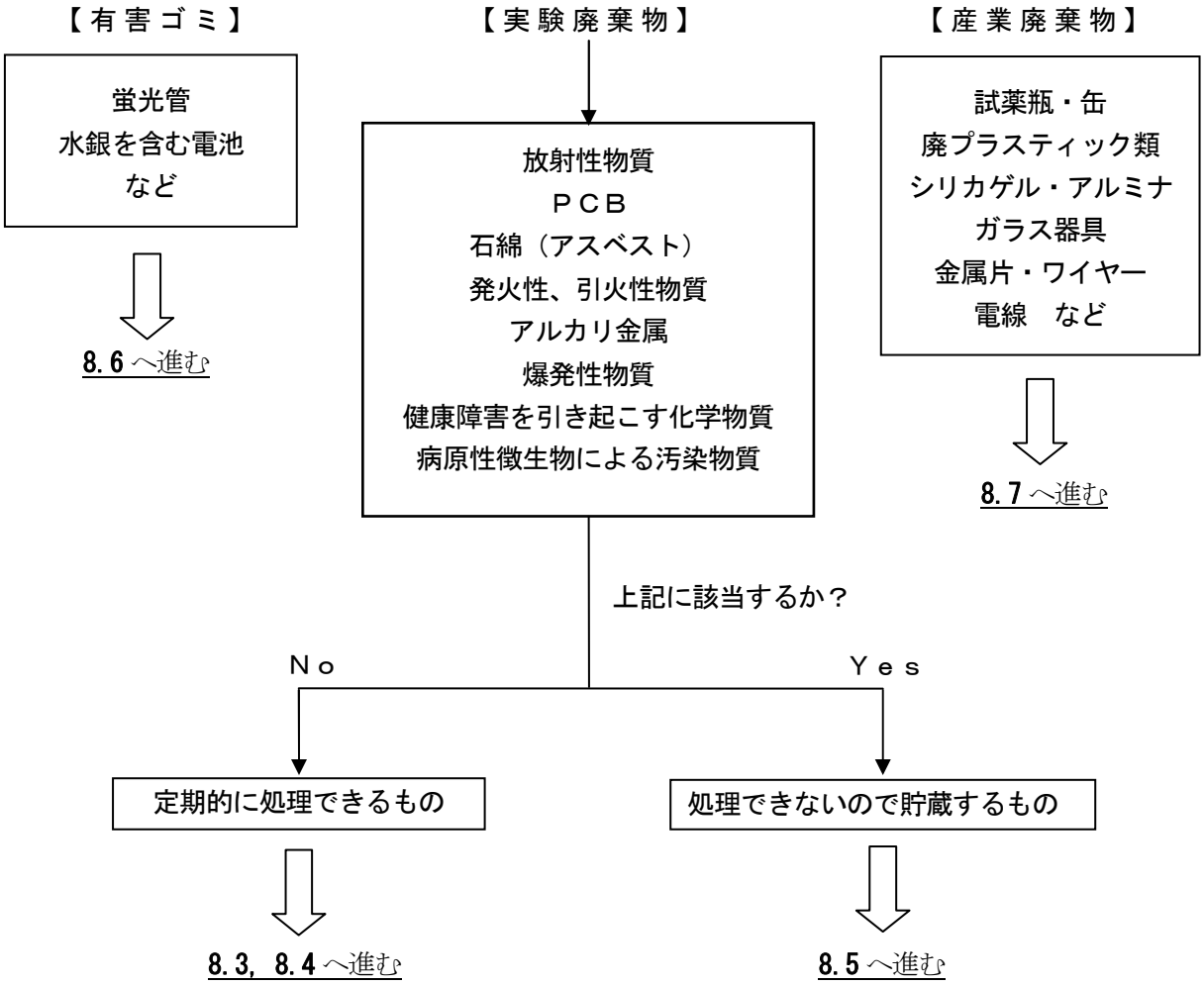


図８－１　廃棄物の分別収集区分

8.2 実験廃棄物の原点処理

大学で発生する実験廃棄物の特殊性を考えると、各実験室などで発生する廃液は、発生の原点で安全化処理の方策を考えることが最も重要である。すなわち、実験廃棄物は各実験室の段階で排出者（実験担当者）の責任で処理システムに適合した分別収集をすることが原則である。

本学では、無機・有機系廃液に関しては、業者に外注委託し処理することになっている。しかし業者がすべての実験廃棄物を処理することは不可能で、処理作業によって健康障害をひきおこすおそれのある物質、処理方法の明らかでない新規開発物質などは、排出者（実験担当者）自身の責任において原点処理〈発生源処理〉により安全化、もしくは適切な処理・廃棄を行う必要がある。

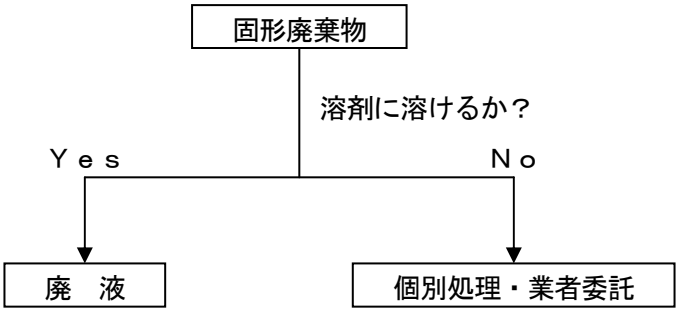
対象外物質の収集廃液への混入や誤った分別収集によって、悲惨な事故・有害物質による処理施設の汚染・二次公害等々を発生させることのないよう、廃液の特性・内容及び排出過程について最もよく知っている排出者（実験担当者）が、自ら処理にあたると同様の配慮と責任をもって、原点におけるきちんとした分別収集及び内容物・共存物質の正しい申告を行うことが必須である。

なお、有害物質を含む実験廃液等をみだりに搬出・放流または投棄することは、関係法令によって禁止されているだけでなく、学外の方々にも多大な迷惑をかけることになるので、厳に注意しなければならない。

8.3 外注委託で定期的に処理できる実験廃棄物

(1) 固形廃棄物の処理

実験廃棄物は、大きく「廃液」と「固形廃棄物」の２つに分かれるが、固形廃棄物が適当な溶剤に溶ける場合は、無機・有機廃液として処理する。溶剤に溶けにくいものや、反応するもの（例えばアルカリ金属）は、何らかの前処理をして溶剤に溶けやすくするか、または分解するかして廃液として処理する。固形のまま業者に処理を委託することも可能なので、施設管理（内線 3011）に相談すること。



不要となった試薬類の処理も同様であるが、実験担当者は、不要な試薬が発生しないように購入段階から十分計画性を持ち、もし不要な試薬が生じたら学内の研究室同士で融通し合って有効利用すること。そして出来るだけ早い時期に処分法を検討して処理すること。

(2) 廃液の分別収集および貯留

廃液は、以下に示す６種類に分別収集し、業者に処理を委託するまでの間、研究室で貯留する。

(a) 無機系廃液
(b) 写真廃液（現像液、定着液）
(c) 有機系廃液
(d) 難燃性有機廃液（含ハロゲン）
(e) 廃　油（機械油、植物油など）
(f) シリコンオイル

このうち、無機系廃液と有機系廃液に関しては、表８－１および８－２の分類にしたがって、さらに細かく色分けしたポリタンク（無機系：18ℓ青タンク、有機系：10ℓ赤タンク）に分別収集し、貯留、保管すること。

8.4 実験廃液等の処理申請と搬出方法

(1) 無機系廃液

無機廃液のうち酸、アルカリ廃液は、中和法によって出来るだけ個別処理をすること。その場合、「水質汚濁防止法に基づく排水基準」を遵守すること。例えば、ｐＨ５．８～８．６の範囲に中和し、可溶塩類の濃度は５％以下とし、かつ有害物質を含んではならない。

以下に本学部における無機系廃液の処理申請と廃液搬出フローシートを示す。

① 「廃液処理依頼伝票」（4枚綴り、様式１）および「廃液貯留容器カード」（様式２）に、必要事項を記入し、施設管理へ提出する。学科でまとめて処理申請する場合は、学科の担当者の指示に従うこと。
② 施設管理あるいは学科担当者から、容器番号と、搬出日時が指定される。
③ 指定された日時に、廃液貯留容器カード（様式２）をポリタンクに括り付け、3号館南側の無機廃液貯蔵所に搬入する。

(2) 有機系廃液

有機廃液のうち溶媒類は、実験室的規模の蒸留操作で比較的容易に分離回収できるので、出来るだけ回収、再利用すること。

以下に本学部における無機系廃液の処理申請と廃液搬出フローシートを示す。

（Ⅱ－4 含硫黄系有機物・Ⅱ－5 含窒素系有機物・Ⅱ－7 重金属含有有機溶剤　）

① 「廃液処理依頼伝票」（4枚綴り、様式１）および「廃液貯留容器カード」（様式３）に、必要事項を記入し、施設管理へ提出する。学科でまとめて処理申請する場合は、学科の担当者の指示に従うこと。
② 施設管理あるいは学科担当者から、容器番号と、搬出日時が指定される。
③ 指定された日時に、廃液貯留容器カード（様式３）をポリタンクに括り付け、3号館西側の有機廃液貯蔵所に搬入する。

あらかじめ不溶物・スラッジなどを濾過し，分けておく必要がある。

（Ⅱ－１炭化水素系溶剤）

① 「廃液数量票」（様式４）に必要事項を記入し、施設管理へ提出する。学科でまとめて処理申請する場合は、学科の担当者の指示に従うこと。
② 施設管理あるいは学科担当者から、搬出日時が指定される。
③ 指定された日時に、3 号館西側の有機廃液貯蔵所に搬入し、炭化水素系溶剤廃液回収用のドラム缶に移し替える。あらかじめ不溶物・スラッジなどを濾過し，分けておく必要がある。

(3) 写真廃液（現像液、定着液）

施設管理担当に相談すること。

(4) 難燃性有機廃液（Ⅱ－2難燃性有機廃液・Ⅱ－3ハロゲン系廃液）

① 「廃液数量票」（様式４）に必要事項を記入し、施設管理へ提出する。学科でまとめて処理申請する場合は、学科の担当者の指示に従うこと。
② 施設管理あるいは学科担当者から、搬出日時が指定される。
③ 指定された日時に、3号館西側の有機廃液貯蔵所に搬入し、難燃性有機廃液・ハロゲン系廃液回収用のドラム缶に移し替える。

(5) 廃　油（機械油、植物油など）

① 「廃液数量票」（様式４）に必要事項を記入し、施設管理へ提出する。学科でまとめて処理申請する場合は、学科の担当者の指示に従うこと。
② 施設管理あるいは学科担当者から、搬出日時が指定される。
③ 指定された日時に、3号館西側の有機廃液貯蔵所に搬入し、廃油回収用のドラム缶に移し替える。

(6) シリコンオイル

① 「廃液数量票」（様式４）に必要事項を記入し、施設管理へ提出する。学科でまとめて処理申請する場合は、学科の担当者の指示に従うこと。
② 施設管理あるいは学科担当者から、搬出日時が指定される。
③ 指定された日時に、3号館西側の有機廃液貯蔵所に搬入し、シリコン油回収用のドラム缶に移し替える。

8.5　定期的に処理できない実験廃棄物

下記の危険性が高い物質は、業者に処理を委託できないため、原則として排出者（実験担当者）の責任で原点処理し、少量であっても、**8.3(2)**の分別収集区分に混入させてはならない。

これらの廃棄物が生じたら、すみやかに施設管理(内線 3011)に連絡し、指示に従うこと。

(1) 放射性物質（放射性同位元素、放射性汚染物質）

「放射線物質取扱規則」の適用を受けるため、放射性廃棄物は厳重な管理が必要である。施設管理に連絡し、指示に従うこと。

(2) ＰＣＢ（ポリ塩化ビフェニル）

ＰＣＢは「化学物質の審査および製造などの規制に関する法律」の適用を受けるため、発生源で厳重保管することになっている。大学には古い機器が多く残っていて、旧式の絶縁トランス・高圧トランスにＰＣＢが使用されている場合がある。不要物品として廃棄する前に、施設管理に連絡すること。

(3) 石綿（アスベスト）

肺癌の原因物質として2006年に製造が禁止された。断熱効果が高く、かつては石綿付き金網や、マントルヒーターなど多くの器具・装置に使われていたので、万が一研究室にアスベスト製品が残っていたら、直ちに施設管理に連絡すること。

(4) 金属水銀

水銀温度計が壊れた時や、実験中に水銀をこぼした場合は、できるだけ寄せ集めて水銀ピペットで回収し、丈夫なビンに水とともに入れて（水銀の蒸発を防ぐため）フタをしめておく。細かいものは銅線で作ったアマルガムを用いて回収するか，亜鉛末をまいてアマルガムとして集める。掃除機を使ったり、

水洗いなどをしたりしては絶対にいけない。業者に処理を委託することも可能なので、施設管理に相談すること。

(5) 発火性、引火性物質

二硫化炭素、コロジオン、アセトアルデヒド、酸化プロピレン、アルキルアルミニウムなどの、消防法・危険物第四類特殊引火物は、有機廃液として処理することはできない。処理する場合は、施設管理に相談すること。エーテル類（エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン等）は、「エーテル類含有」を明記の上、有機廃液と同様に処理申請する。

(6) 爆発性物質

(a) Ｎ－Ｏ結合（爆発性のニトロ化合物，硝酸エステル類など）
(b) Ｎ－Ｎ結合，Ｎ－Ｘ結合，Ｏ－Ｏ結合（有機過酸化物など）
(c) Ｏ－Ｘ結合（過塩素酸塩類など）
(d) アセチレンとその誘導体などを含むもの
(e) 混合すると爆発する危険性のある薬品の組合せ

処理する場合は、施設管理に相談すること。

(7) 作業中に健康障害を引き起す化学物質

（「労働安全衛生法」、「毒物及び劇物取締法」、日本化学会編「化学防災指針」など参照）
(a) 四アルキル鉛[I]
(b) パラチオン等の有機リン剤[I]
(c) モノフルオロ酢酸及びモノフルオロ酢酸アミド[I]
(d) アルキル水銀化合物[II]
(e) アクリロニトリル[II]
(f) トルイジンイソシアナート[II]、メチレンジフェニルジイソシアナート
(g) ｏ－フタロジニトリル[II]
(h) 塩素[II]、シアン化水素[II]、フッ化水素[II]
(i) 二硫化炭素[II]
(j) α－ナフチルアミン及びその塩類[II]、β－ナフチルアミン及びその塩類[II]
(k) オーラミン、ｏ－トリジン及びその塩類[II]、ベンジン及びその塩類[II]
(l) マゼンタ（塩基性フクシン）[II]、ジアニシジン及びその塩類[II]、ジクロロベンジジン及びその塩類[II]
(m) エチレンイミン[II]
(n) ニッケルカルボニル[II]、アルキルアルミニウム
(o) フェノール類[II]、ベンゾトリクロリド[II]
(p) ベリリウム（発ガン性物質）[II]、タリウム（神経系障害物質）、オスミウム（粘膜障害物質）
(q) クロロホルム[II]
(r) スチレン[II]
(s) 1,1,2,2－テトラクロロエタン[II]
(t) テトラクロロエチレン[II]
(u) トリクロロエチレン[II]
(v) 四塩化炭素[II]
(w) ジクロロタメン[II]
(x) 1,4－ジオキサン[II]
(y) 1,2－ジクロロエタン[II]

(z) 3,3’－ジクロロ－4,4’－ジアミノジフエニルメタンII

（Ⅰ：特定毒物…「毒物及び劇物取締法」Ⅱ：特定化学物質…「労働安全衛生法」）

処理する場合は、施設管理に相談すること。

(8) 病原性徴生物による汚染物質

処理する場合は、施設管理に相談すること。注射針（試薬を吸い出したものを含む）は、産業廃棄物として処理できないので、保健管理室（内線3034）に連絡すること。

8.6 有害ゴミ（蛍光管、電池類）の処理

使用済みの蛍光管および使用済みの電池類は、随時、構内の指定された廃棄物用物置（4 号館北側）に搬入すること。管内の蛍光材料には水銀などの重金属が含まれているので、割らないように注意すること。

ボタン電池、充電可能な乾電池（ニッカド、リチウムイオン等）は、販売店に返却すること。

8.7 産業廃棄物の処理

原則として、毎月最終週の金曜日（8:30～15:00）に回収するので、4 号館北側に置かれたコンテナに搬入すること。試薬瓶・缶類は、きれいに中を洗い、試薬類（とくに有機溶剤）を残さないこと。ガラス片・金属片・金属ワイヤーは、袋から突き出無いよう細かく切断する。

［参考文献］

1．山形大学廃液処理施設運営委員会：実験廃液処理の手引（１９９６）

2．東京工業大学，安全手帳第３版（１９９１）

3．日本化学会編，化学実験の安全指針改訂３版，丸善（１９９１）

4．山形大学安全管理委員会編，安全への手引（２００１）

表８－１　無機系廃液（ポリエチレン製容器、青色１８ℓ容量）

分類番号	物　　質	制限濃度 注意事項	原点処理
Ｉ－１	６価クロム化合物 （クロム酸など）	・金属イオンとして10,000ppm以下 ・３価クロムはＩ－３に含める。	(A)　不溶物・スラッジは濾過で除く (B)　放射性物質を混入してはならない
Ｉ－２	水銀化合物	・水銀イオンとして1,000ppm以下 ・全金属イオンとして10,000ppm以下	・pH1以下にして貯留 ・金属水銀及びアマルガムは除く ・有機水銀化合物の場合は過マンガン酸カリを加え硫酸酸性にして2～3時間100℃以上に加熱して酸化分解し、無機水銀に変えておくこと。 (A), (B)
Ｉ－３	一般重金属化合物 （Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn など）	・全金属イオンとして10,000ppm以下	・pH1以下にして貯留 ・ニッケルカルボニル、アルキルアルミニウムなどの毒性物質は無害化しておくこと。 ・ベリリウム（発ガン性物質）、タリウム（神経障害物質）、オスミウム（粘膜障害物質）など作業中に健康障害をひきおこすものを混入してはならない。 ・水素化ホウ素ナトリウム金属ナトリウム、リチウム、ナトリウムアミドなどを混入してはならない。 (A), (B)
Ｉ－４	シアン化合物 （NaCN, KCN など）	・シアンイオンとして500ppm以下 ・pH12以上	・水酸化ナトリウムと次亜塩素酸ナトリウムを加えてpH10以上にして貯留。 (A), (B)
Ｉ－５	シアン錯体 （$K_3[Fe(CN)_6]$, $K_4[Fe(CN)_6]$ など）	・シアンイオンとして500ppm以下 ・pH12以上	・水酸化ナトリウムと次亜塩素酸ナトリウムを加えてpH10以上にした後、硫酸第二鉄水溶液を加えて放置し、沈殿を除いた濾液をＩ－４に合わせて貯留。 (A), (B)
Ｉ－６	ヒ素化合物	・ヒ素イオンとして100ppm以下 ・全金属イオンとして10,000ppm以下	(A), (B)
Ｉ－７	酸及びアルカリ	・有害金属を含んでいないこと	・中和し多量の水で希釈して放流 (A), (B)

表８－２　有機系廃液（ポリエチレン製容器、赤色１０ℓ容量）

分類番号	物　　質	制限濃度ほか	原点処理
Ⅱ－１	炭化水素系溶剤 （水を含まないもの、トルエン、ヘキサン、酢酸エチル、アルコールなど）	エーテル類（エーテル、テトラヒドロフラン、ジオキサン等）は、「エーテル類含有」を明記	(A) 不溶物・スラッジは濾過で除く (B) アルカリ金属、アルカリ土類金属及びこれらの合金を含んではならない。 (C) 放射性物質を混入してはならない。 ・水溶性のアルコール、ケトン及び有機酸のみのときは、多量の水で希釈して放流。その他のものはそのまま貯留。 ・特殊引火物、過酸化物をつくりやすいもの、有機過酸化物、金属アセチレンなど爆発性物質、健康障害をひきおこす物質、縮重合反応をおこす物質を混入してはならない。
Ⅱ－２	難燃性有機廃液 （水を多く含むもの，ホルマリンなど）		(A), (B), (C)
Ⅱ－３	含ハロゲン系有機物 （クロロホルム，四塩化炭素など）	10%(v/v)以下	(D) ＰＣＢ及びＰＣＢを含むものを混入してはならない。 ・フロンガス及び爆発性物質（ハロゲン酸化物，過塩素酸塩類、ハロゲン化窒素など）を混入してはならない。 (A)，(C)
Ⅱ－４	含硫黄系有機物 （ジメチルスルホキシドなど）	10%(v/v)以下	・二硫化炭素及び爆発性物質を混入してはならない。 (A)，(C)
Ⅱ－５	含窒素系有機物 （ピリジン，アミンなど）	10%(v/v)以下	・アミノ酸のみのときは水で希釈して放流。ただし、この場合ニトロメタン及びポリニトロ化合物を含めないよう特に注意すること。 ・爆発性物質（硝酸エステル類，ニトロメタン，ポリニトロ化合物，ジアゾ化合物，ハロゲン化窒素，金属窒化物など）を混入してはならない。(A)，(C)
Ⅱ－６	有機リン化合物		(A)，(C)
Ⅱ－７	重金属含有有機溶剤 （ＭＩＢＫ，酢酸ｎブチルなど）	重金属名共存物質名と共にできるだけ詳しく明記	・爆発性物質（ニッケルカルボニル，アルキルアルミニウム，金属アセチレン，金属窒化物など）を混入してはならない。 (A)，(B)，(C)
Ⅱ－８	石油系油脂系廃液 （タービン油，変圧器油，スピンドル油，モーター油，動植物油など）	10%(v/v)以下	・粘度の高いものは灯油で希釈すること (A)，(C)，(D)

様式１　廃液処理依頼伝票

廃液処理依頼伝票　（部　局）

No. _____

				部局名	
処理依頼年月日	平成　年　月　日	事務担当者名		電話(内線)	
排出者所属名		実験担当者名		電話(内線)	

容器番号	分類番号	内容明細			廃液量	処理上の注意事項
		薬品名(錯体を含む場合は詳しく記入すること)	濃度	pH		
計						受領印欄

様式２　無機廃液貯留容器カード（緑色）

廃液貯留容器カード

〔無　機〕

容器番号

処理依頼年月日	平　成　　年　　月　　日
分類番号	
排出者所属名	
実験担当者名	㊞
連絡先	電　話（　　） ＦＡＸ（　　）
内容明細 薬品名 濃度 pH 錯体の有無	

様式３　有機廃液貯留容器カード（赤色）

廃液貯留容器カード

〔有　機〕

容器番号

処理依頼年月日	平　成　　年　　月　　日
分類番号	
排出者所属名	
実験担当者名	㊞
連絡先	電　話（　　） ＦＡＸ（　　）
内容明細 薬品名 濃度 pH	

様式４　廃液数量票

平成　　年　　月　　日

廃　液　数　量　票

学科　　研究室

炭化水素系廃液（Ⅱ－1）	リットル
難燃性有機廃液（Ⅱ－2）	リットル
ハロゲン系廃液（Ⅱ－3）	リットル
シリコン系廃液	リットル
廃油（Ⅱ－8）	リットル

９．無人運転に関する安全について

9.1　電気関係 ····· 93

9.2　給排水関係 ····· 94

9.3　可燃性、支燃性ガス関係 ····· 94

9　無人運転に関する安全について

無人運転は極力避けるべきである。特に、夜間の無人運転は大きな事故につながり易いので、加熱・高圧力・給水を伴う実験は行うべきでない。

9.1　電気関係

(1) 電気冷蔵庫：冷蔵庫内での爆発・火災に注意

庫内に可燃混合気を作らないようにすること。とくにアルコールは、蒸気圧と爆発限界から爆鳴気を作りやすく、また爆発例も多いので注意を要する。有機溶剤を保管する冷蔵庫は防爆型電気冷蔵庫であることが望ましい。研究室の責任者は、時々冷蔵庫内の臭いを嗅ぎ、ふた、ジョイント、溶封などの確認を行う。

(2) 油浴恒温槽：火災に注意

(a)　**適した浴液の選択**　燃え易い溶液は高温用には使わないこと。食用油やパラフィン油は１２０℃以下を基準とする。一度劣化が始まると、可燃性が進むので時々廃棄する。難燃性から推薦できる溶液は Kel-F とシリコン油である。

(b)　**初期加熱での注意**　初期過熱用電源は、タイムスイッチを用いるなどして入れっぱなしにしないように注意する。

(c)　**加熱電力の点検**　浴温と入力電圧の関係を予め把握しておき、必要以上の電力を与えないようにしておく。

(d)　**浴温制御電流は小さく**　浴温制御電流は、浴温の一定性を保つためにもリレー接点を保護する上でも、小さくとる方がよい。浴液容量の関係からあまり小さく出来ない場合には、接点が溶着しないように注意する。

(e)　**接点の点検**　接点機構は、電気容量に対応して選択する。温度ヒューズや易溶金属による安全装置を併用するとよい。

(f)　**電線**　電線は、許容電流をよく調べて使用すること。ビニール被覆電線を発熱体のリード線として使用してはならない。

(g)　**測定温子の断線・ショートに注意**　ときどき点検する必要がある。

(3) 油回転真空ポンプ使用上の注意

ベルト使用のポンプは事故を起こす確率が高いので、直結型のポンプに換装すること。やむを得ず使用する場合は、以下を考慮すること。

(a)　**回転ベルトの破断**　回転ベルトは切れることがある。また、ベルトがゆるいためモーターが低負荷で回転し、モーターあるいはベルトを焼くことがある。ベルトはきつ過ぎず、またゆる過ぎぬことが大切である。軸間隔の調節やベルトの交換に意を用いること。

(b)　**正しい結線**　三相モーターを使用する場合は、結線を間違えぬように注意すること。間違えるとモーターが逆に回転し、大変危険である。

(c)　**ベルトガードの設置**　回転するベルトに実験衣の袖や裾が巻き込まれる事故例が多発している。ベルトガードの設置は必須である。

(4) 電源コードの巻き取り：火災に注意

延長コードをドラムに巻いたまま使用すると、コードからの放熱が妨げられ、コードが溶け、火災になることがある。機器の電源コードも同様に、巻き取って使用してはならない。

(5) 無人運転中の停電に対する注意

無人運転中、停電しても事故に至らぬように安全装置を付け、安全の二重化を図ること。

(a) **電磁弁使用の際の注意** 電磁弁を使う場合は、「常時開」(normally open)ではなく「常時閉」(normally closed)の組み合わせにするべきである。

(b) **停電スイッチの使用** 無人運転中にいったん停電し、また通電される場合もあり得る。翌朝担当者が来るまで停電状態にあるほうが安全であるから、停電スイッチに装置電源を結線しておいたほうがよい。

(c) **逆流止めの使用** 真空ポンプを無人運転する際には逆流止めつき真空ポンプを使用すること。

9.2 給排水関係

(1) 冷却水による洪水防止

(a) **ゴム管への締め具の使用** 夜中や休日は水圧が上昇するのでゴム管が止め具から抜けたり、ゴム管の先がおどって流しの外側に逃げ出したりすることがある。ゴム管は締め具を用いて完全に固定する。また、ゴム管は老化するので、ヒビだらけのまま使用してはならない。加圧用ゴム管などで配管するとよい。

(b) **水流停止の安全装置の使用** 冷却水出口位置に検知器を置き、水流が停止した場合に警報と給水の停止が行われるようにする。

(c) **圧力型断水リレーの使用** 多量の水を流す場合には圧力型断水リレーをつける。装置を保護するための停止回路のほかに、給水源を閉じるための電磁弁回路を付けておけば、洪水を防ぐことが出来る。

(2) 断水

(a) **冷却水切れの加熱防止** 無人運転中に予期せぬ断水による装置の過熱を防ぐため、あるいは装置を保護するため、圧力型断水リレーを用いて電源が切れる仕組みにしておくとよい。

(b) **断水・停電回路の使用** 断水および停電対策に使用する。

9.3 可燃性、支燃性ガス関係

(1) 流路連結部の点検

実験装置において、特に気体流通系の破損あるいは連結部のはずれ等によって、水素のような可燃性気体、酸素のような支燃性気体が無人実験中に漏れ出すおそれがある。配管材料はゴムやガラスよりステンレス管が良く、連結部はボルト締め、バイトンパッキングが望ましい。真空用ゴム管は加圧に弱いので注意が必要である。やむを得ずにゴム管を使用する場合は、加圧用（アセチレン用）を選ぶ。ガラス管を使用する場合は、焼鈍をしっかりと行う。

漏れた気体が可燃性混合ガスを作らぬように室内空気の流通排気に配慮する。酸素の噴出先に可燃物質が置かれていないように注意する。

(2) 気体漏れ検知装置の設置

気体漏れは圧力変化として検知されるように、圧力型遮断リレー、電磁弁および停電スイッチを付けておくと良い。

［参考文献］

1．北海道大学：安全の手引（2004）
2．東京工業大学:健康・安全手帳（2004）
3．株式会社東芝ホームページ:冷蔵庫の安全に関する注意 (2005)

１０．事故例・ヒヤリハット

10.1　事故例 ····· 95

10.2　ヒヤリハット事例 ····· 96

10.3　事故・ヒヤリハット報告書 ····· 100

10　事故例・ヒヤリハット

ヒヤリハットとは、重大な災害や事故には至らないものの、直結してもおかしくない一歩手前の事例のことをいう。結果として事故に至らなかったものであるので、直接の関係者は「ああよかった」と直ぐに忘れがちであるが、重大な事故の発生には、その前に多くのヒヤリハットが潜んでいるのである。

そこで工学部では、事故およびヒヤリハットの事例を「事故・ヒヤリハット報告書」（様式1）に記録、公開して、その情報を蓄積、共有することで、重大な労働災害の発生を未然に防止する活動を行っている。

10.1　事故例

負傷程度	発生状況	発生原因	再発防止対策
左手のひら裂傷	ゴム栓にガラス棒を差し込む際に、ガラス棒が折れ、左の手のひら部分に突き刺さった。	ガラス棒を指す際に持つ位置がゴム栓から離れていたため、ガラス棒が折れてと考えられる。	ガラス棒を持つ位置やゴム栓の摩擦を減らす工夫をするなど、作業を慎重に行う。
軽度の火傷	トリフルオロ酢酸（強酸）を用いて実験をしていたところ、数滴が白衣・着衣の上から左足太ももにかかった。気づかずに実験を続けていたところ痛みがでたので、ズボンを脱いで確認したところ、水ぶくれになっていた。	操作ミス	試薬の安全性をＭＳＤＳで確認してから使用する。
後頭部を２針縫合	会議に出席するため入口で靴を履き替えて頭を上げた時、近くにあった配電ボックスの角に頭をぶつけた。	配電ボックスが出入口にあり、設置位置が低いという物理的な要因と、本人が急いでいて注意力が足りなかったため。	配電ボックスの下部にゴムなどの緩衝材を設置する。
感電による火傷	・変圧器（200V/50kV,5kVA）を用いて、20kV の電圧を印加する実験を行っていた。 ・変圧器の横の棚の上の物を取ろうとして、棚と変圧器の間に入り込み、そこから出るときに変圧器高電圧露出部に腰部が触れ、同時に膝の裏が変圧器の接地ケースに接触して電撃を受けた。 ・直後は足が痺れたが、10 分程度で歩くことができ、その後通常の作業に戻ったが、腰や膝裏の傷に気づいて帰宅。翌日病院に行って火傷と診断された。	１．高圧実験にもかかわらず、変圧器に近づいた。 ２．実験中に「高電圧危険」の表示をしていなかった。 ３．実験中の学生が、変圧器に近づいたときに、高圧を印加中である旨の注意をしなかった。	１．高電圧実験中は「高電圧実験中危険」の表示をするとともに、必要に応じてロープを張り、関係者以外立ち入りできないようにする。 ２．研究室全員に対し、感電事故の状況を示し、安全に対する意識を喚起させた。 ３．止むを得ず深夜の実験になるとき、あるいは高電圧を取り扱う実験を行うときは、二人以上で行うことを確認。 事故時には、時間を問わず、教員に連絡するよう周知した。
眼外傷ほか	真空ラインを使ってモノマー（液体）をゼオライト（粉末）の入った反応管に長時間かけてゆっくり移	反応管の熔封が不完全であった。	

	し、バーナーで封じ切った後、両者をよく混合するため反応管を両手で胸の高さに持ってゆっくり回転していた時、突然、手中で破裂し、右目、唇、左手を負傷した。		
手首骨折	廊下の床が滑りやすくなっていて、転んだ際左手をついて受身をとったところ、左手首を骨折した。		
足首骨折	第一駐車場から移動中、凍結した道路で転倒し、右足首を骨折した。	冬季の道路凍結	凍結箇所への融雪材散布
小指切断	旋盤で実験装置部品を研磨中、ほつれた軍手の繊維が右手小指にからみつき、右手小指を第一関節から不完全切断した。	軍手のほつれ	旋盤作業では軍手をかけないこと

10.2　ヒヤリハット事例

負傷程度	発生状況	発生原因	再発防止対策
なし	・不要となったエポキシ系の薬品（主剤、硬化剤、加速剤がセットになった電子顕微鏡観察用の処理剤）を反応・硬化させた後に廃棄しようとした。 ・アルミ飲料缶中で主剤と硬化剤を混合し、スポイトで少量ずつ加速剤を滴下。加速剤の濃度は計量せずに素手で缶を触ったときに熱を感じる位まで添加した。 ・混合液を入れた缶を五缶作成し、一斗缶の中に並べたところ、一つの缶から刺激臭のする白い煙が吹き出した。砂をかけたが、しばらく発煙が続いた。負傷者はいなかったが、周囲に刺激臭が広がった。	・作業者が自分の判断で廃液処理をしようとしたが、硬化反応について知識不足であった。 ・以前にも同じ薬品で同様に煙を発せさせたことがあったが、その時はすぐに収まったため、今回もすぐに収まるだろうと思ったが、今回は樹脂の量が多く反応が収まるまで時間がかかった。 ・引越に伴いドラフトが使用出来なかった。 ・引越の片づけ、荷造り、運搬などのかなりに部分が実質上学生の負担になっており、それらに忙殺されている合間に廃液処理を行おうとして焦ってしまった。	・薬品の取扱い方法について、再度安全教育を行うこととした。 ・廃液処分をする前にまず教職員に相談させることとした。 ・処分する際にはＭＳＤＳなどを参照し、適切に処分することとした。 ・全ての化学薬品についてＭＳＤＳを入手することとし、ＭＳＤＳの無い薬品については取り扱わないこととした。
軽度の火傷	トリフルオロ酢酸（強酸）を用いて実験をしていたところ、数滴が白衣・着衣の上から左足太ももにかかった。気づかずに実験を続けていたところ痛みがでたので、ズボンを脱いで確認したところ、水ぶくれになっていた。	操作ミス	試薬の安全性をＭＳＤＳで確認してから使用する。

なし	学生がＰＤＭＳ（ポリジメチルシロキサン）樹脂を合成しようとして試薬を調整し、１５０℃に加熱した乾燥機に入れたところ蒸気が発生し、充満した蒸気に引火した。濡れた雑巾で消火を試みたが、さらに火の勢いが増し、刺激臭のする気体と煙が充満してきたため、消火器で消火した。	１．試薬を調合する前に確認をせず、使用するべき試薬を間違えた。 ２．可燃性物質を加熱した装置に入れた。	１．化学薬品などを使用する実験は、必ず複数の者が使用する薬品の確認を行ってから作業を開始することを徹底する。 ２．実験を行う際は、必ず二人以上部屋にいる中で行うことを徹底する。 ３．実験の前に必ず作業手順の確認を行ってから開始するよう指導する。
なし	廃棄物品回収日に不適切な物が搬出された。 ・ダンボール箱入りの塩酸及び四塩化炭素等有機溶媒 ・塩化カリウムの表示があり、白い物が入った電極がささったフラスコ ・中身が入った塩化カリウム表示のある小箱 ・水銀入りの水銀マノメータ ・水銀入りの水銀温度計式の温度センサー	・教職員が廃棄物の分別収集を理解していない。 ・回収場所について、搬出物の点検管理がしにくい。	・廃棄物の分別収集を徹底する。 ・搬出者が廃棄物リストを作成し立合者が点検照合する等方策を講じる。 ・廃棄処分の回数を増やして、１回の処分量を少なくして確認をし易くする。
熱中症（軽度）	連日の受験勉強のため机上で睡眠をとっていた学生が目を覚ました瞬間、視野狭窄と吐き気、頭痛を訴えた。また、多量の発汗、若干の痙攣、呼吸の乱れ、意識の低下が認められた。その時間帯の室温は32℃をこえており、熱中症をおこしたと思われる。とりあえず床に寝かせ衣服を緩め、氷水で頸動脈や頭を冷やし、スポーツ飲料をストローで200cc 程度与えた。救急車出動要請をしようとしたが、本人の意識が回復傾向になってきたので、それは行わず、水分補給と体を冷やす行為を続けた。また、その旨を保健管理室の高橋さんに報告し助言をいただいた。	空調設備がなく、真夏の室温は終日30℃をこえている。	本人一人だけの状況であれば、学生の生命に関わる大事となっていたかもしれない。クーラーを設置する必要がある。
なし	配電盤の３相 200V のナイフスイッチが上がりきらないで途中で止まりゆるい。	ナイフスイッチの中のU, V, Wの接点のうち、U, Wが一部融けて変形していた。	日頃の点検が大切である。ナイフスイッチをサーキットブレーカーに変更した。防止策としては、日頃の点検が重要である。

なし	配電盤のナイフスイッチを入れたら3相 200V30Aのヒューズがたて続けに切れた。	機械の電源入力は単相 200VでR，S，Eの表示があり、それぞれR(赤,白)，S(黒,緑)，E(無)のように4芯ケーブルが接続されていた。１回目は配電盤とU(赤)，V(白)，W(黒)，E(緑)のように、２回目はU(無)，V(赤,白)，w(黒)，E(緑)のように接続したため 30Aのヒューズがたて続けに切れた。研究室内で配線・接続したものであることを確認。	ケーブルも長かったため、１つ太い3芯ケーブルに変更し、R(赤)，S(白)，E(黒)，U(赤)，V(白)，W(無)，E(黒)のように接続を変更。防止策としては、教職員の教育の徹底があげられる。
なし	低温恒温水槽より漏出した水が、床面より、ガス配管の間隙を伝わり、階下へ漏出してしまった。	恒温槽配管不備。槽内に水を残したままであったため。	・ホースバンド等配管の適切化。 ・未使用時には槽内の水を抜く。 ・実験設備の移動
なし	フライス板で作業中、操作ミスで機械が損傷し、ベッドが想定外高速で移動した。	工作物の長さが機械の許容範囲を越えていた。ストッパーを意図的に外して使用した。ベッドを中央に戻す際自動戻しを使用した。	ストッパーを簡単に外せない工夫をした。自動戻し装置を封印した。
感電ショック（軽微）	金属製フロアコンセントから異様な音がしていて触れて感電した。	フロアコンセントが長い間に緩み、内部で配線が過度にねじれて切断し、その内の１本が金属製ケースに接触していた。	回転するフロアコンセントを撤去し、固定式に変更。一部は給電を停止。今後点検を実施する。
なし	金属製の立ち上がりコンセントにつまずいて転倒しそうになった。	床に設置されている金属製コンセントは見落とされやすい。	目立つように大きめのボックス型コンセントに変更。
なし	床に散乱している給排水ホースにつまずいて転びそうになった。	給排水ホースの経路、長さ等が不適切である。	給排水ホースの経路を定め、長さ等も工夫し極力通路を通らないようにレイアウトを工夫した。また、通路の部分はカバーをした。
なし	機器使用中、壁コンセントが発熱した。	壁コンセントの老朽化。接点の老朽化。	小さい負荷のみ使用。コンセントそのものを交換。
感電ショック（軽微）	ヒーター付プレス機のレバーからの感電	設置業者が単相２００Ｖ＋アースの配線を誤って3相の動力線に接続してしまったためアースを経由してフレームに電圧がかかってしまった。	アースを適切に接続する。点検する。
なし	配線の動力容量以上の負荷を接続し使用した（使用しようとした）	電力容量を考えずに接続した。	負荷の分散化。電力線の増設。電力容量を考えて接続するよう指導。

なし	3相モーターの回転の様子がおかしい。	点検時、機械のスイッチボックスを開けたところ水がたまった後乾燥した跡があり、3つの接点のうち1つが錆びて腐食していた。	スイッチボックスそのものを交換し電源から接続し直した。防止策としては、日頃の点検が大切である。
なし	3相モーターの回転の様子がおかしい。	点検時、機械のスイッチボックスを開け、U, V, W, E間の電圧を確認したところVとEが逆であった。また、4P200Vのコンセントボックスを開けて確認したら、コンセントボックス内でVとEが逆に配線されていた。	コンセントボックス内でVとEを接続し直した。防止対策としては、日頃の点検が大切である。

安全衛生情報センターの「ヒヤリハット事例集」や、他大学のホームページにも事例が多数掲載されているので参照のこと。

様式１

事故 ・ ヒヤリハット報告書

（ いずれかに○をすること ）

平成　　年　　月　　日

報告者	所　属	
	職　種	
	氏　名	

内　　容

発生日時	平成　　年　　月　　日（　　）　午　　時　　分頃				
当該者	教職員	氏名・人数等		所属（学科・担当等）	
	学　生	氏名・人数等		所属（学科・研究室）	学年（　）
発生場所					
負傷した場合	負傷した部位		負傷した程度	診療を要しない場合	（負傷の程度を記載）
				診療を要する場合	（負傷の程度・日数・治療内容等を記載）
発生状況					
発生となった原因					
再発防止対策					
ヒヤリハットの場合教訓となったこと					
学科長等の確認及びコメント	コメント				署名又は押印

※ 当該者が教職員の場合は、学科長等所属長の確認を受けて報告書を企画総務担当へ提出すること。
※ 当該者が学生の場合は、学科長等所属長の確認を受けて報告書を学生支援担当又は保健管理室へ提出すること。

11. PRTR法への対応等について

11.1　PRTR 制度とは ····· 101

11.2　PRTR 法とは ····· 101

11.3　MSDS とは ····· 101

11.4　リスクアセスメント ····· 102

11　PRTR 法への対応等について

11.1　PRTR 制度とは

PRTR は、Pollutant Release and Transfer Register（環境汚染物質排出・移動登録）の略称であり、有害性のある多種多様な化学物質が、どのような発生源から、どれくらい環境中に排出されたか、あるいは廃棄物に含まれて事業場の外に運び出されたかというデータを把握、集計、公表する仕組みである。1992 年の国際環境開発会議（地球サミット）の「21 世紀に向けての具体的行動計画（アジェンダ 21）」で、化学物質の適正な管理のための課題がまとめられ、様々な国際的な動きが急速に進んだ。その一つとして、1996 年に経済協力開発機構（OECD）が加盟各国に対して導入を勧告した制度が PRTR である。日本では経済産業省と環境省が主導し、法制化が進められた。

11.2　PRTR 法とは

PRTR 法とは、「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」であり、有害性のある様々な化学物質の環境への排出量を把握することなどにより、化学物質を取り扱う事業者の自主的な化学物質の管理の改善を促進し、化学物質による環境の保全上の支障が生ずることを未然に防止することを目的として平成 11 年 7 月に公布され、同 12 年 3 月 30 日から施行された。同法の概要を以下に示す。

(1)　PRTR の対象となる化学物質

人の健康や生態系に有害なおそれがあるなどの性状を有する化学物質を対象とし、環境中に広く存在すると認められる「第一種指定化学物質（354 種）、うち 12 種は特定第一種指定化学物質」と、それほどは存在していないと見込まれる「第二種指定化学物質（81 種）」を政令で指定している。

(2)　PRTR の対象となる事業者

PRTR の対象となる化学物質を製造したり、原材料として使用しているなど、対象化学物質を取扱う業者や、環境に排出することが見込まれる業者のうち、一定の業種や要件に該当するものが対象となり、対象化学物質の環境への排出量と廃棄物に含まれて事業場の外に移動する量との届出が義務づけられる。山形大学に関連する要件を抜粋して以下に示す。

要件①　政令第３条に示す業種に属する事業を営んでいる事業者

　注　人文科学のみに係るものを除いた高等教育機関を含む。

要件②　従業員数　常用雇用者数 21 人以上の事業者

要件③　取扱量等　次のいずれかに該当すること

a)　いずれかの第1種指定化学物質の年間取扱量が１トン以上である事業所を有する事業者

b)　いずれかの特定第1種指定化学物質の年間取扱量が0.5トン以上である事業所を有する事業者

c)　～　ｆ）　略

取扱量が上記の基準に満たない場合でも、該当する化学物質の安全性の高い代替物質への転換の促進や有害化学物質の排出抑制を図るために、PRTR 法に則した適正管理を自主的に行う必要がある。

山形県における PRTR 法の担当窓口は、文化環境部環境政策推進室環境保護課（023-630-2339）である。

工学部では、クロロホルムとトルエンが該当する。

11.3　MSDS とは

化学物質の適正管理を行うためには、化学物質を実際に使用する者が、化学物質やそれを含む製品に関する危険性や使用法、適用法令などの情報を熟知する必要がある。それらの情報については、MSDS（Material Safety Data Sheet;化学物質等安全性データシート）などを参照することができる。MSDS と

は、事業者における総合的な安全衛生管理に資することを目的に、化学物質の提供者から提供される文書のことである。PRTR 法では、上述した第一種指定化学物質、第二種指定化学物質及びこれらを含む一定の製品について、この MSDS の提供を義務付けている。

11.4 リスクアセスメント

化学物質等の使用に従事する学生ならびに労働者（以下、従事者と略）の健康障害を防止するためには、従事者だけでなく事業者による、MSDS による有害性などの調査・特定、その結果に基づいたリスクアセスメントの実施が求められる。事業者によるリスクアセスメントとは、化学物質の有害性に関する情報を入手し、当該化学物質等の有害性の種類及び程度や、従事者の暴露の程度等に応じて生ずる恐れのある健康障害の可能性およびその程度を把握するとともに、当該化学物質等への暴露の防止または低減するために、健康診断、作業環境測定、施設環境の改善など具体的な措置を講ずることである。

[参考文献]

1．経済産業省・環境省：化学物質の管理と環境保全のための新しいシステムPRTR がはじまりました（2001）
経済産業省のホームページ：http://www.meti.go.jp
環境省のホームページ：http://www.env.go.jp
2．社団法人　環境情報科学センター：環境汚染と化学物質　PRTR 制度をいかすために
環境情報科学センターのホームページ：http://www.ceis-jp.org/
3．浦野紘平著：PRTR-MSDS 対象化学物質の毒性ランクと物性情報、化学工業日報社社（2001）
4．日本化学会編：化学安全ノート、丸善（2002）
5．東京工業大学総合安全管理センター編：健康・安全手帳（2004）

あ と が き

平成 16 年 4 月、国立大学は国立大学法人となり、労働安全衛生法の遵守が義務付けられました。本学においても諸規則を改正し、副学長の下に安全衛生管理委員会を、各地区事業場に安全衛生委員会を設置し対応してきました。

安全衛生管理の運用マニュアルにあたる「安全への手引き」は、平成 18 年 2 月、全学の安全衛生管理委員会ワーキンググループによる改定が行われました。200 ページを超すボリュームから、ホームページ上への掲載にとどまり、残念ながら刷り物として学生および教職員に配布されることはありませんでした。が、その精細密にわたる内容は、必読に値するものです。
（http://kbweb.kj.yamagata-u.ac.jp/ から、PDF ファイルダウンロード形式で閲覧できます）

このことを受けて米沢地区事業場安全衛生委員会では、工学部独自のマニュアルである「実験・実習における安全の手引き(平成 14 年度版)」の改定を、技術部の委員を中心に進めてきました。全学のマニュアルである「安全への手引き（平成 18 年 2 月改訂版）」の内容を基本として、従前の手引きから選りすぐった箇所を追加し、名称も『安全マニュアル』と改め、刷り物として皆様にお届けするものです。

関連法規およびその運用は時々刻々と変化しますので、本書が完全無欠なマニュアルとは言えませんが、すぐ手の届くところに置き、常に安全第一の意識をもって、実験研究に励んでいただければ幸いです。

最後に、本改定作業にあたり、たいへん忙しい中ご協力下さった、技術部職員はじめ関係各位に心より感謝申し上げます。

平成２０年１１月

山形大学米沢地区事業場安全衛生委員会

平成２７年４月改定

安 全 マ ニ ュ ア ル
平成27年度版

山形大学米沢地区事業場
安全衛生委員会

平成27年４月発行

印刷：㈱ 大 風 印 刷

学生の皆さんへ

このマニュアルは、学生実験・実習や
研究室配属後も使用しますので、紛失
しないよう注意して下さい。

入学年度		学 科 名	
氏　　名		所属研究室名	